

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Kelukosken 110 kV kytkinkentän saneeraus

Nasi Tomi

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyön aiheen antajaa Kemijoki Oy:tä sekä opinnäytetyön ohjaajaa, ohjaajana toimi Antero Martimo. Kiitokset haluan myös antaa ABB:lle avunannosta työssä.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Tomi Nasi
Opinnäytetyön nimi	Kelukosken 110 kV kytkinkentän saneeraus
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	21.5.2011
sivumäärä	72 + 16 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	insinööri Antero Martimo
Yritys	Kemijoki Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	tekninen päällikkö Heikki Kusmin

Opinnäytetyö on tehty Kemijoki Oy:n toimeksiannosta. Tässä työssä oli tarkoituksena valita Kelukosken kytkinkentälle uudet kojeet, jotka tulevat saneerauksen yhteydessä sekä suunnitella linjalle uusi erotin katkaisijan huoltotöitä varten. Lisäksi työssä tuli selvittää, että onko kenttä, lähinnä aitaus, määräysten mukainen ja toteutuvatko suojaetäisyydet.

Kytinkenttä on rakennettu 80-luvun lopussa osittain vanhoista komponenteista, joten saneerauksen tarve alkaa olla ajankohtainen. Kuva kytkinkentän kunnosta selvitettiin haastattelujen ja visuaalisen tarkastelun perusteella.

Työssä käytetty aineisto on hankittu pääasiassa kirjallisuudesta. Työn aikana on oltu yhteydessä myös eri laitevalmistajiin, joilta on saatu teknisiä tietoja ja apua laitteisiin liittyvissä kysymyksissä.

Työ on aloitettu selvittämällä kytkinkentän kunto haastattelujen ja visuaalisen tarkastelun perusteella. Tämän jälkeen on koottu teoria-aineisto työhön suurjännitetekniikasta ja suurjännitekojeista. Sen jälkeen työssä on esitetty kuvaus Kelukosken 110 kV kytkinkentästä. Viimeisenä on esitetty kojeiden valinnat sekä valintoihin liittyvät seikat sekä päivitetty kytkinkentän kuvat.

Työssä on esitetty 110 kV kytkinkentän saneerauksen toteutusvaihtoehto käyttäen ABB:n kojeita. Kuvat on piirretty AutoCad-ohjelmalla. Kaikki uudet/päivitetyt kuvat ovat liitteenä työssä.

Asiasanat: saneeraus, sähkökojeet, suunnittelu.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Tomi Nasi
Title	Reorganisation of the 110 kV Switchyard of Kelukoski
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	21 May 2011
Pages	72 + 16 appendixes
Instructor	Antero Martimo, BEng
Company	
Contact Person/Supervisor from Company	Heikki Kusmin, technical manager

This thesis was commissioned by Kemijoki. The purpose of the work was to select the new instrument to the switchyard and to plan a new disconnector to the power line for the maintenance of the circuit breaker. Another purpose was to determine, whether the field, mainly in fencing, is in accordance with the provisions of the safety distances.

The switchyard was built in the late 80's and some of the components were old at that time, so the need for renovation begins to be urgent. The condition of the switchyard was studied by interviews and visual examination.

The material of this thesis was mainly obtained from the literature. During the work, several equipment manufacturers were contacted, and they gave technical information and assistance in equipment-related issues.

The thesis begins with the checking the condition of the switchyard by the interviews and visual examination. After that, theoretical material was put together. This material consists of high-voltage technology and high-voltage devices. After that, the description of the 110kV switchyard of Kelukoski is presented. Finally, the choices of the devices, choice-related issues and updated switchyard drawings are presented.

In this thesis, an 110kV switchyard renovation option by using ABB's devices is presented. The drawings were made by the AutoCad-program. All updated and new drawings are to be seen in appendix in the thesis.

Keywords: renovation, electronic devices, planning.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
2. SUURJÄNNITETEKNIikka	2
2.1. Ilmastolliset ylijännitteet	3
2.2. Kytkenäylijännitteet	4
2.2.1. Pienen induktiivisen virran katkaisu	5
2.2.2. Kapasitiivisen virran katkaisu	5
2.3. Eristystekniikka	6
2.3.1. Eristeiden ja eristerakenteiden jännitelujuus	6
2.3.2. Rakenteen ja muodon vaikutus jännitelujuuteen	7
2.3.3. Normien mukainen jännitekoestus	8
2.3.4. Suurjännitemittaukset	11
3. JÄNNITE- JA VIRTAMUUNTAJAT	14
3.1. Jännitemuuntaja	14
3.1.1. Käyttöön liittyvät seikat	16
3.1.2. Suojaus	18
3.2. Virtamuuntaja	19
3.2.1. Virtamuuntajan käyttöön liittyvät seikat	21
3.2.2. Virtamuuntajan valintaan liittyvät asiat	22
3.3. Mittamuuntajien koestus	23
4. KATKAISIJAT JA EROTTIMET	24
4.1. Katkaisijat	24
4.1.1. Katkaisutapahtuma	24
4.1.2. Katkaisijatekniikan kehitys	25
4.1.3. Ilmakatkaisijat	27
4.1.4. Öljykatkaisijat	28
4.1.5. Vähäöljykatkaisijat	28
4.1.6. Paineilmakatkaisijat	30
4.1.7. SF ₆ -katkaisijat	31
4.1.8. Tyhjökatkaisijat	33
4.1.9. Katkaisijoiden ominaisarvot ja koestaminen	34
4.2. Erottimet	34
4.2.1. Erottimien käyttöön liittyvät seikat	35
4.2.2. Erottimen rakenne	37
5. OHJAUS- JA SUOJAUSJÄRJESTELMÄ	40
5.1. Kaukokäyttöjärjestelmä	41
5.1.1. Siirrettävä tieto	42
5.1.2. Ala- keskusasemaliittymät	43
5.2. Sähköverkon käytönvalvonta	44
5.3. Relesuojaus	46
5.3.1. Toimintaperiaate ja rakenne	47

5.3.2. Tärkeimmät suojareleet	47
5.3.3. Erottimien lukitusjärjestelmä	50
6. MAADOITUKSET	52
6.1. Perustukset ja teräsrakenteet	52
6.2. Katkaisijat, erottimet ja mittamuuntajat	53
6.3. Ylijännitesuoja ja tukieristimet.....	54
7. KELUKOSKEN KYTKINKENTÄN KUVAUS	55
7.1. Kytinkentän nykyinen kunto	55
7.2. Kytinkentän maadoitus	56
7.3. Standardeista	57
7.3.1. Aitaus	57
7.3.2. Suojaetäisyydet	58
8. UUSIEN KOJEIDEN VALINTA	60
8.1. Katkaisijan valinta	60
8.1.1. Vanha katkaisija	61
8.1.2. Uusi katkaisija.....	61
8.2. Erottimien valinta	62
8.3. Suojaus ja suojareleet	64
8.4. Ympäristöön liittyvät asiat	64
9. KYTKINKENTÄN LAYOUT UUSILLA KOMPONENTEILLA.....	67
9.1. AutoCad-ohjelma	67
9.2. Kytinkentän kuvat	67
10. ASEMA-AUTOMAATIO COM 600	68
11. YHTEENVETO	69
12. LÄHDELUETTELO	70
13. LIITELUETTELO	72

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

DOS	Disk Operating System (levynkäyttöjärjestelmä)
U_N	nimellisjännite
I_N	nimellisvirta
LAN	Local Area Network (lähiverkko)
WAN	Wide Area Network (laajaverkko)
SF_6	rikkiheksafluoridi

1. JOHDANTO

Ulkokytinkenttää rasittavat erilaiset sääolosuhteet, Pohjois-Suomessa on otettava huomioon myös talven kovat pakkaslukemat. Likaisuustekijät on otettava myös huomioon, sillä likaisuus vaikuttaa eristeiden/kojeiden jännitelujuuteen. Lisäksi kojeiden on toimittava moitteettomasti suurillakin jääkuormilla.

Tämän opinnäytetyön aiheena on Kelukosken 110 kV kytkinkentän saneerauksen. Työstä muodostui mielenkiintoinen, haastava sekä sopivan laaja työkokonaisuus. Aiheen työhön antoi Kemijoki Oy.

Kemijoki Oy on Suomen merkittävin vesivoiman ja vesivoimaan liittyvien palveluiden tuottaja. Yhtiö omistaa 20 vesivoimalaitosta, joista 16 sijaitsee Kemijoen vesistöalueella, kaksi Lieksanjoessa ja kaksi Kymijoessa. Lisäksi se säännöstelee Lokan ja Porttipahdan tekojärviä sekä Kemijärveä ja Olkkajärveä.

Kemijoki Oy:n Kelukosken 110kV kytkinkenttä sijaitsee noin 5 km Sodankylästä pohjoiseen päin. Kenttä on rakennettu 80-luvun lopussa osan komponenteista ollessa jo silloin vanhoja, joten kytkinkenttä alkaa olla jo saneerauksen tarpeessa. Lisäksi kytkinkentälle oli suunniteltava uusi erotin katkaisijan huoltoa varten, jotta katkaisija saataisiin jännitteettömäksi ja voitaisiin työskennellä turvallisesti.

Haastattelujen ja visuaalisen tarkastelun perusteella saatiin kuva kytkinkentän kunnosta. Tarkastelun avulla pystyttiin selvittämään, että mitkä laitteet on uusittava ja mitkä kelpaavat vielä käyttöön.

Laitevalinnoissa oli otettava huomioon Kemijoki Oy:n toivomukset. Valintoihin vaikuttivat huolto ja varaosien saatavuus.

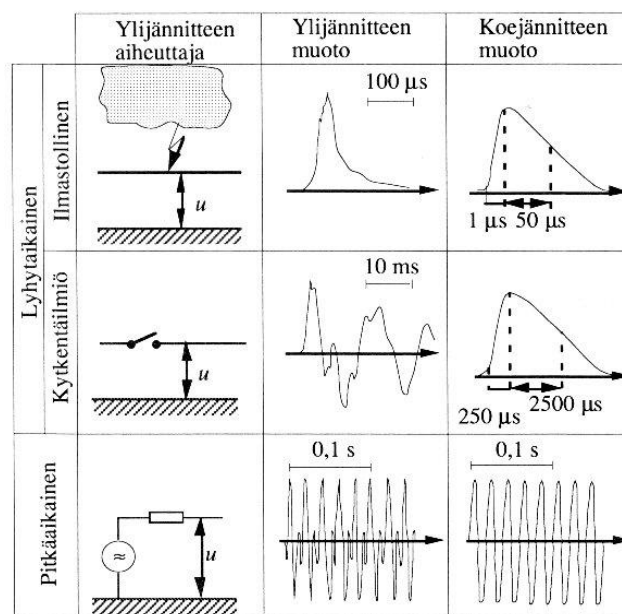
2. SUURJÄNNITETEKNIikka

Suurjännitetekniikka voidaan jakaa seuraaviin aiheisiin:

- verkossa esiintyvät jänniterasitukset
- eristysrakenteiden jännitelujuus
- ylijännitesuojaus ja eristyskoordinaatio
- suurjännitekoestus- ja mittaus.

Eristysrakenteisiin kohdistuva jänniterasitus kuvataan verkon suurimmalla käyttöjännitteellä, eli nimellisjännitteellä. Jännitteet, jotka ylittävät lyhytaikaisesti käyttöjännitteen huippuarvon sanotaan ylijännitteiksi. /2/

Lyhytaikaisia ylijännitteitä esiintyy kahdessa erilaisessa ryhmässä. Ilmastolliset ylijännitteet nousevat huippuarvoonsa muutamassa mikrosekunnissa ja vaimenevat nopeasti. Hitaammin kasvavat ja vaimenevat ylijännitteet ovat kytkentäylijännitteitä. Näille ylijännitetyypille on ominaista niiden jaksottomuus. Jännitelujuustarkastelussa on ylijännitteen kestolla oleellinen merkitys. Kuvassa 1 esiintyy kaaviomainen selvitys ylijännitteistä. /2/



Kuva 1. Ylijännitelajit /2/

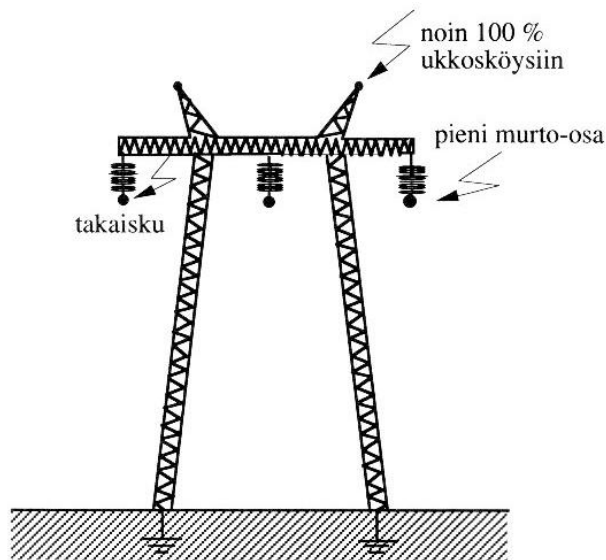
Pitkäaikaiset ylijännitteet ovat erittäin hitaasti vaimenevia tai eivät vaimene ollenkaan. Tällaiset ylijännitteet ovat aina jaksollisesti värähteleviä ja värähtelytaajuus on sama kuin verkossa oleva taajuus tai sen kokonaislukukerrannainen. Tällaiset ylijännitteet ovat ns. käyttötaajuisia ylijännitteitä. /2/

2.1. Ilmastolliset ylijännitteet

Salaman purkaukset aiheuttavat ilmastollisen ylijännitteen. Salama voi aiheuttaa osuessaan sähköjohtoon tai sen välittömään läheisyyteen jännitelujuuden kannalta merkittävän ylijännitteen. Ukkospilvessä tapahtuva salamanpurkaus ei aina aiheuta johtimen kannalta vaarallista ylijännitettä. /2/

Ylijännitetarkastelujen kannalta tärkeimpiä salamoita ovat ne, jotka alkavat pilvestä maahan suuntautuvalla esipurkauksella. Purkauksen suunta määräytyy purkauksen kärjessä olevan sähkökentän jakautuman perusteella. Kun esipurkaus on edennyt noin 100 m päähän maasta, määräytyy maanpinnalla oleva iskukohta. Esipurkauksen edettyä maahan asti tapahtuu pääpurkaus, joka menee maasta pilveen. /2/

Suoran salamaniskun seurauksena syntyvien pikajälleenkytkentöjen määrää voidaan rajoittaa, kun asennetaan suurjännitelinjan yläpuolelle ns. ukkosköydet. Kuvassa 2 on esitetty salamanisku pylväsrakenteisiin. /2/



Kuva 2. Pylväsrakenteet ja salamaniskun kuvaus /2/

Salamaniskun osuessa maadoitettuun pylvääseen tai ukkosköyteen syntyy maadoitettujen osien ja johtimen välille jännite, jonka suuruus riippuu pylvään ja pylväasmaadoitusten impedanssista. Jos vaihejohtimen syöksyjännitelujuus maahan nähden ylitetään, tapahtuu ylilyönti maadoitetusta osasta vaihejohtimeen. Näitä ylilyöntejä kutsutaan takaiskuiksi. /2/

2.2. KytKentäyliJännitteet

KytKentäyliJännitteiksi sanotaan verkon muutostiloissa syntyviä hetkellisiä yliJännitteitä. KytKentäyliJännitteiden kesto aika ei ylitä verkossa esiintyvän jännitteen jakson aikaa. Jännitteettömän johdon kytkeminen jännitteiseksi suurilla jännitealueilla on tavallisin kytKentäyliJännitteen aiheuttaja. Maasulkutilanteen alussa voivat kytKentäyliJännitteet olla huomattavan suuria, sekä maasulkuvalokaaren syttyessä ja sammussa voivat jännitteet olla suuria. /2/

2.2.1. Pienen induktiivisen virran katkaisu

Pienen induktiivisen virran katkaisu voi aiheuttaa katkaisuylijännitteen johtoon. Tällaisia ylijännitteitä tapahtuu, kun katkaistaan tyhjänä käyvää moottoria, muuntajaa tai kuristinta. Jos katkaisu tapahtuu virran nollakohdassa, ei tästä seuraa katkaisuylijännitteitä. Koska katkaisijat on kuitenkin suunniteltu katkaisemaan suuriakin oikosulkuvirtoja, käytetään erityisesti paineilmakatkaisijoissa liian voimakasta valokaaren puhallusta pienten virtojen katkaisuun, tästä johtuen virta katkeaa jo ennen luonnollista nollakohtaa. Katkaisijat, joissa käytetään virrasta riippuvaa menetelmää toimivat tällaisissa tilanteissa paremmin(SF₆- ja vähäöljykatkaisijat). /2/

Katkaisijoiden kykyä katkaista pieniä induktiivisia virtoja, ilman että syntyy ylijännitteitä, voidaan parantaa. Paineilmakatkaisijoilla tämä saadaan aikaan apukipinävälillä, kytkettäessä piiriin häviövastus. Tyhjökatkaisijoilla ongelmaa voidaan hoitaa käyttämällä oikeaa kosketinmateriaalia, joka antaa valokaaren palaa mahdollisimman lähelle virran nollakohtaa, ja katkaisee sen hyvin pienellä virranarvolla. /2/

2.2.2. Kapasitiivisen virran katkaisu

Kapasitiivisiä virtoja esiintyy, kun katkaistaan pitkää avojohtoa tai kaapeliverkkoa. Myös kondensaattoriparistojen katkaisu aiheuttaa tällaisen ilmiön. Koska jännite muuttuu sinimuotoisesti, kasvaa palaava jännite lähes kaksinkertaiseksi tietyllä hetkellä. /2/

Jos katkaisijassa ei tapahdu jälleensyttymistä, jää kaksinkertaiseksi noussut jännite suurimmaksi palaavan jännitteen arvoksi. Jos katkaisijassa tapahtuu jälleensyttyminen, aiheuttaa se katkaisijan hajoamisen, sillä jälleensyttymisen seurauksena palaavan jännitteen arvo kasvaa. /2/

2.3. Eristystekniikka

Eristystekniikan keskeisimpiä asioita ovat:

- Eristeiden ja eristerakenteiden jännitelujuus
- Eristinrakenteiden ja muodon vaikutus jännitelujuuteen
- Normien mukainen jännitekoestus
- Suurjännitemittaukset

Lisäksi aihe käsittää myös suojaukseen liittyvät asiat. /2/

2.3.1. Eristeiden ja eristerakenteiden jännitelujuus

Jännitelujuudella tarkoitetaan jänniterasituksia, joita eristysrakenteiden on kestävä, ettei synny jännitelujuuden pettämisen aiheuttamia sähköpurkauksia. Sähköturvallisuusmääräyksissä eristysrakenteen jännitelujuudella tarkoitetaan normien mukaista koestusta, jolla määritetään kestojaännite. /2/

Eristysrakenteen läpi tapahtuvaa täydellistä purkausta kutsutaan läpilyönniksi. Ylilyönniksi kutsutaan sellaista purkausta, joka syntyy eristemateriaalien rajapinnassa olevassa ilmassa. Tällaisia tilanteita syntyy esimerkiksi, kun kahdesta rinnakkain kytkeytyvästä eristemateriaalista toinen on ilma. /2/

Eristemateriaalin rakenteelliset muutokset, jotka aiheutuvat sähkönpurkauksista, tämän vuoksi jaetaan eristemateriaalit palautuviin ja palautumattomiin eristeisiin. Läpilyönnissä ei aiheudu pysyviä muutoksia palautuviin eristeisiin, joita ovat kaasut ja nesteet. Kiinteät eristeaineet joihin tulee läpilyönneissä pysyviä muutoksia, kutsutaan palautumattomiksi eristeaineiksi. Palautumattomat eristeaineet menettävät läpilyönnin yhteydessä eristeominaisuutensa. /2/

Jännitelujuutta tarkasteltaessa on huomattava, että jännitelujuus ja pitkäaikainen jännitekestoisuus ovat kaksi eri asiaa. Jännitelujuus määritetään lyhytaikaisella jännitekoestuksella. Eristeaineen vanhenemisominaisuuksien perusteella määritetään pitkäaikainen jännitekestoisuus. Vanhenemisominaisuuksia pyritään määrittämään ikäkokeilla ja kiihdytetyillä ikäkokeilla. /2/

Rikkiheksafluoridi eli SF_6 – kaasu on yleistynyt suurjännitetekniikan eristysaineena. SF_6 – kaasun hyvät sähkönlujuusominaisuudet perustuvat siihen, että sen molekyyli on raskas ja sillä on kyky sitoa vapaita elektroneja, jotka ovat läpilyönnin kannalta välttämättömiä. Ilmaan verrattuna SF_6 – kaasun jännitelujuus on noin 2,5 kertaa suurempi, kun paine on sama. Taulukossa 1 on esitetty SF_6 – kaasun ominaisuuksia. Yleensä painetta pidetään korkeampana, mitä normaalipaine on, koska halutaan parantaa jännitelujuutta. /2/

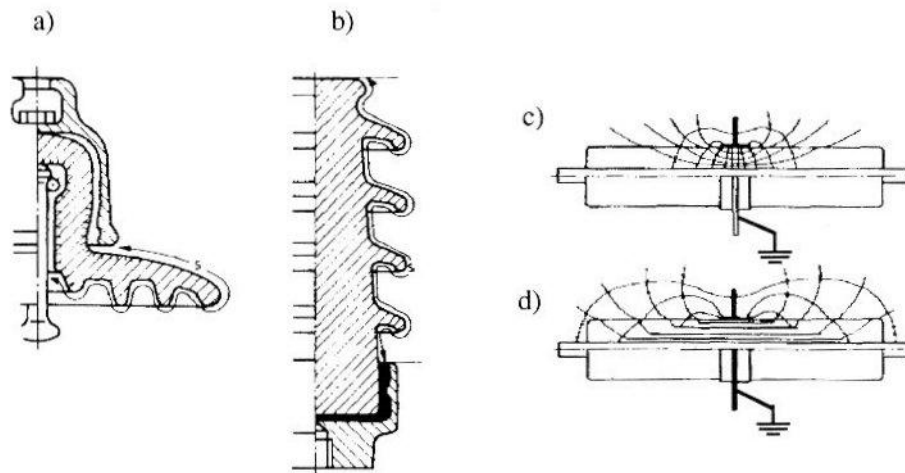
Taulukko 1. Tietoja SF_6 – kaasusta

Tiheys (20 °C, 1 bar)	6,164 kg/m ³
Suhteellinen tiheys (ilma = 1)	5,1
Suhteellinen sähkönlujuus (ilma = 1)	2,5–3,0
Molekyylipaino	146
Kiehumispiste	– 63 °C

Ympäristön kannalta SF_6 – kaasu on melko harmiton. SF_6 – kaasu on myrkytön, hajuton, palamaton ja väritön. Se ei myöskään ole syövyttävää ainetta, mutta ilmaa raskaampana aineena se laskeutuu mataliin paikkoihin, aiheuttaen tukehtumisvaaran. /2/

2.3.2. Rakenteen ja muodon vaikutus jännitelujuuteen

Sähkölujuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat ilmanpaine, lämpötila ja kosteus. Myös eristerakenteiden pinnalle kerääntynyt lika huonontaa aineen eristysominaisuuksia. Kuvassa 3 on esitetty tavallisimpia ulkoeristinmalleja ja kondensaattorinläpivienti. /2/



a) ja b) Kaksi tavallista ulkoeristinrakennetta. Pintamatka = s .

c) Kondensaattoriläpivienti

d) Kondensaattoriläpivienti, jossa on sähkökentän tasaamista varten johdemateriaalista tehty tasapotentiaalipinnat.

Kuva 3. Ulkoeristinmallit ja kondensaattorinläpivienti /2/

Eristimen pintamatkan s pituus määrää eristimen jännitelujuuden. Jännitelujuus on myös riippuvainen pinnan kosteudesta ja epäpuhtaudesta. Eristimen pintamatra on järkevää tehdä kaarevaksi, koska kaarevamuoto pysyy paremmin kuivana sateella, eikä kerää niin paljon epäpuhtauksia. /2/

2.3.3. Normien mukainen jännitekoestus

Koestuksia suoritetaan laitteen eristerakenteen jännitelujuuden määrittämiseksi. Laboratoriossa suoritettavien kokeiden avulla pyritään eristerakenteita rasittamaan siten, että jänniterasitukset vastaisivat todellisuudessa tapahtuvia rasituksia. Koska laitteita ja laitteistoja kohti tapahtuvat ylijännitteet ja eristerakenteiden jännitelujuus ovat tilastollisia arvoja, voidaan koestuksen avulla määrittää eristerakenteen jännitelujuus vain tietyllä todennäköisyydellä. Normeissa on esitetty vaatimuksia siitä, miten ja millä jännitteillä koestuksia on suoritettava, jotta koetuksissa saadut tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia. /2/

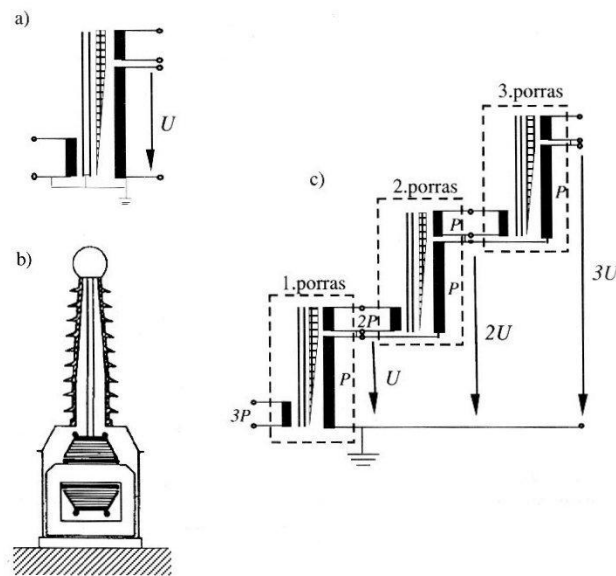
Koestukset suorittaa laitevalmistaja saadakseen tulokset valmistettavien laitteiden jännitekestoisuudesta. Laitteen ostaja ja lopullinen käyttöönottaja suorittaa tai vaatii suoritettavaksi vastaanottokokeita voidakseen todeta laitteiden täyttävän asetusten mukaiset vaatimukset. Yleensä nämä asiat on sovittu jo ostoneuvottelun yhteydessä. /2/

Koejännitteiden luominen ja mittaus

Jännitekoestukset vaativat erikoislaitteita, jotta voidaan suorittaa kokeita suurilla – ja muodoltaan tarkoin määritetyillä jännitteillä. Koestukset suoritetaan yleensä suurjännitelaboratorioissa, joiden varustukseen kuuluu tarvittavat jännitelähteet, mittalaitteet, sekä asialliset maadoitukset ja häiriösuojaukset. Laboratorio tiloissa on usein erityistilat ilmastollisten olosuhteiden vaikutusten määrittämiseksi. Joitain kokeita suoritetaan kenttäolosuhteissa. /2/

Suuren tasa- ja vaihtojännitteen luominen

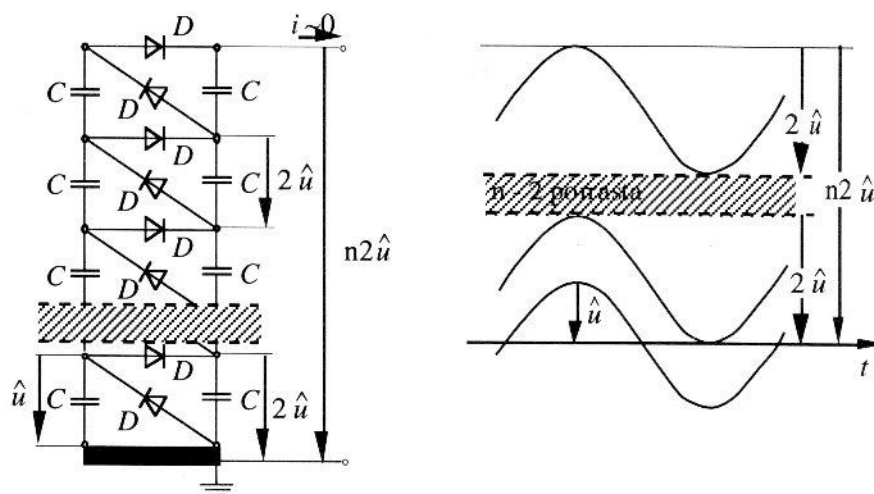
Suuria vaihtojännitteitä luodaan erikoisrakenteisella muuntajalla. 100 kV vaihtojännite kehitetään yksi-napaisesti maadoitetulla, yksivaiheisella suurjännitemuuntajalla. Suurimpien jännitteiden osalta kehittäminen tapahtuu kaskadikytkennällä. Kuvassa 4 on esitetty suurjännitteinen koestusmuuntaja ja sen käämien rakenne. /2/



Kuva 4. Suuren vaihtojännitteen kehittäminen /2/

- a) Yksivaiheisen koestusmuuntajan käämityksen rakenneperiaate
- b) Yksivaiheinen suurjännitekoestusmuuntaja
- c) Kolmesta yksiköstä koostuva kaskadikytkentäinen koestusmuuntaja

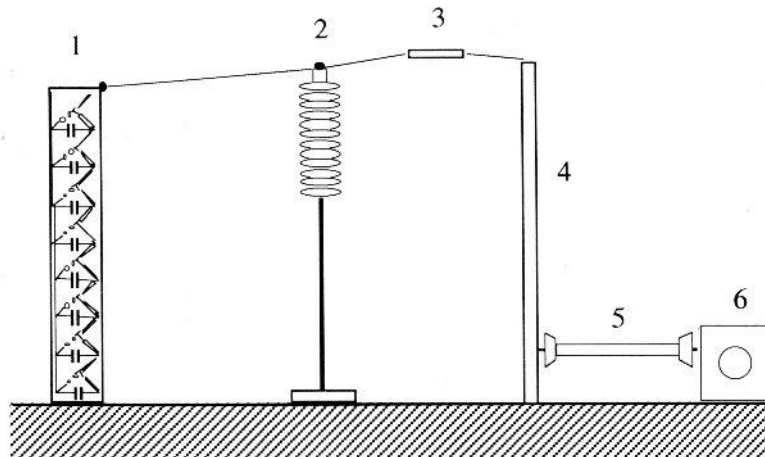
Suuria tasajännitteitä kehitetään yleensä ns. Greinacherin kaskadikytkennällä, jolla jännitteen saa nostettua aina 5 MV:iin saakka. Kuormitettavuus on kuitenkin vain muutamia milliampeereja. Kuvassa 5 on esitetty Greinacher-kytkennän periaatteellinen sijais-kytkentä. Kondensaattorien varautuessa jännite kasvaa portaittain. /2/



Kuva 5. Greinacher-kytkennän sijaiskytkentä /2/

2.3.4. Suurjännitemittaukset

Suurjännitemittaukset voidaan jakaa kahteen mittaustapaan, suoriin ja epäsuoriin mittauksiin. Kuvassa 6 on esitetty suurjännitemittauspiiri. Laitteisto on suurikokoinen ja se on sijoitettava asetusten mukaiseen suurjännitehalliin. /2/



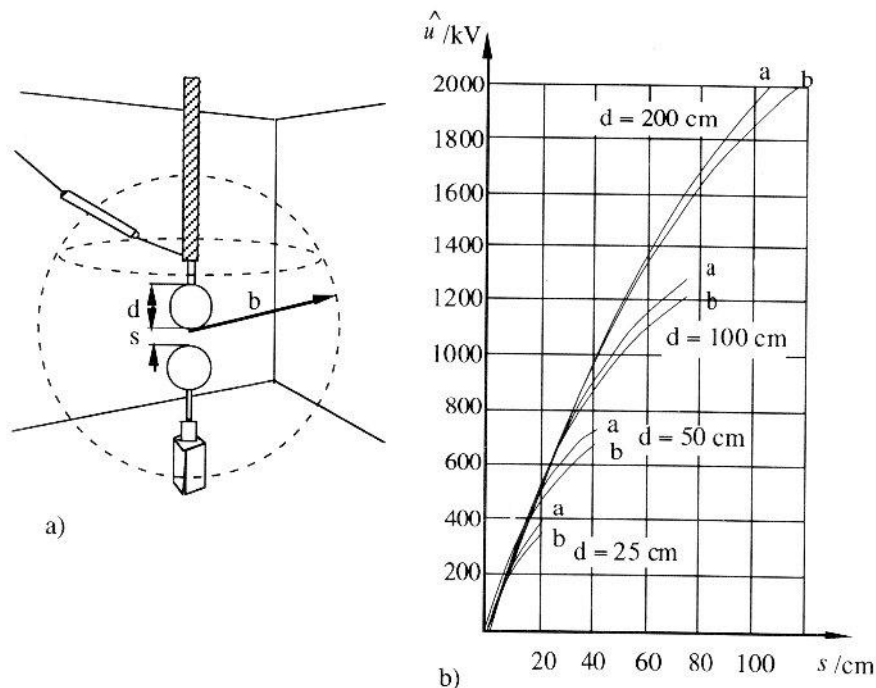
Kuva 6. Suurjännitekoestuspiiri /2/

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1 jännitelähde | 4 jännitteenjakaja |
| 2 koekappale | 5 mittauskaapeli |
| 3 mittausjohdin | 6 mittalaitteet |

Mittauskaapelin avulla siirretään jännitteenjakajan mittausjännite häiriösuojattuun mittaushuoneeseen. Suurista jännitteistä ja niiden nopeista vaihteluista johtuen, koestuspiirin sijaiskytkennässä on otettava huomioon mittausjohdintenkapasitanssit, sekä maakapasitanssit. Jotta saataisiin mahdollisimman virheetön mittaustulos, on jännitteenjakaja, kaapelit ja mittalaite kytkettävä toisiinsa siten, että syntyy mahdollisimman vähän häiriötä aiheuttavia heijastumia. /2/

Suorat mittaukset

Mittausvälineenä käytetään pallokipinäväliä, sillä voidaan mitata tasa- ja vaihtojännitteitä sekä tunnetun muotoisia syöksyjännitteitä. Tällaisella menetelmällä voidaan mitata vain jännitteen huippuarvoja. Kipinävälin syttyminen riippuu pallojen välisen kentän homogeenisuudesta. /2/



Kuva 7. Pallokipinävälin periaatteellinen rakenne /2/

Lisäksi syttymisjännite on riippuvainen ilmanpaineesta, ilmankosteudesta ja lämpötilasta. Mittauksen apuna on yleensä käytetty erilaisia korjauskäyrästöjä. Kuvassa 7 on pallokipinäväli ja siihen liittyvä korjauskäyrästö. Säte b esittää tarvittavaa suoja-aluetta, b) kohdassa on käyrästö lämpötilan ollessa 20 °C ja paineen ollessa 101,3 kPa. /2/

Epäsuorat mittaukset

Epäsuorissa mittauksissa mittaukset tapahtuvat jännitteenjakajan avulla, jännitteenjakaja voi olla resistiivinen tai kapasitiivinen. Kapasitiivisiä jännitteenjakajia voidaan käyttää vain vaihtojännitteillä tai syöksyjännitteillä. Tasajännitteen ollessa kyseessä käytetään resistiivistä jännitteenjakajaa, tätä voidaan myös käyttää vaihtojännitteillä. /2/

3. JÄNNITE- JA VIRTAMUUNTAJAT

Jännitteen- ja virranmittaukseen käytetään mittamuuntajia. Näiden erikoisrakenteisten muuntajien pääasiallinen tehtävä on:

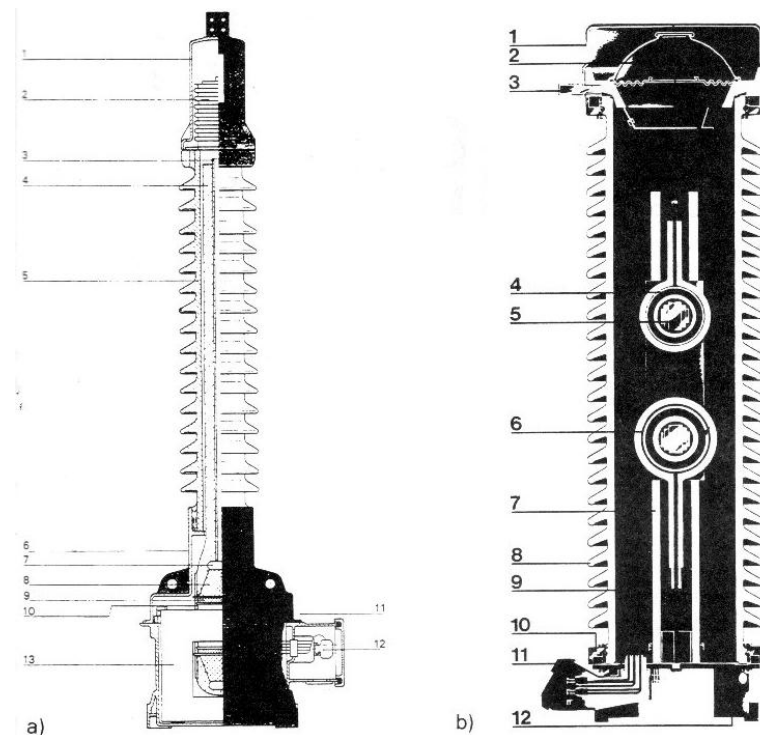
- eristää mittauspiiri päävirtapiiristä
- muuttaa mitta-aluetta
- suojaus ylikuormituksilta
- mahdollista sijoittaa mittalaitteet etäälle kohteesta.

Mittamuuntajien on mitattava jännite tai virta mahdollisimman virheettömästi normaalissa kuormitus tilanteissa. Käytännön muuntajassa tyhjäkäyntivirta ja hajaimpedanssit aiheuttavat virheen mittaustulokseen. Suurin osa jännite- ja virtamuuntajista perustuu sähkömagneettisen induktion käyttöön. Jännitteenmittauksessa käytetään myös kapasitiivisia jännitemuuntajia tai virtamuuntajiin voidaan sijoittaa kapasitiivisiä ulosottoja. /5/

3.1. Jännitemuuntaja

Nykyään jännitemuuntajat valmistetaan yksivaiheisiksi. Toimintaperiaatteeltaan ne voivat olla joko induktiivisia tai kapasitiivisia. Kapasitiivisia jännitemuuntajia käytetään lähinnä suurien jännitteiden yhteydessä (U_N ollessa 110 kV tai suurempi). /5/

Vaiheen ja maan välille kytkettävät jännitemuuntajat ovat yksinapaisesti eristettyjä, koska jännitemuuntajan ensiökäämin toinen pää on maadoitettu. Vaiheiden väliin kytkettävä jännitemuuntaja on kaksinapaisesti eristetty. /5/



Kuva 8. Yksinapaisia jännitemuuntajia /5/

a) VEOT 123 (Haefely)

- 1 yläkotelo
- 2 metallipalje
- 3 läpivientiputki
- 4 läpivienti
- 5 posliinieristin
- 6 muuntajasäiliö
- 7 tasausrengas
- 8 ensiökäämi
- 9 toisiokäämi
- 10 käämityslieriö
- 11 liitinkotelo
- 12 toisioliittimet
- 13 rautasydän

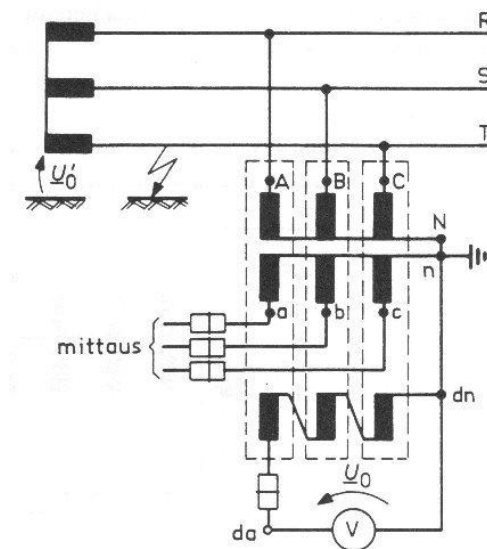
b) Kaskadi jännitemuuntaja (Balteau)

- 1 alumiinikotelo
- 2 öljyn laajenemisen salliva kalvo
- 3 ensiöliitin
- kaskadikytkentäiset ensiökäämit ja
- 4 kompensointikäämi
- 5 50 % potentiaalissa oleva sydän
- 6 toisiokäämit
- 7 sydäntä tukevat eristyssauvat
- 8 posliinieristin
- 9 teräsalusta
- 10 liittimet, joilla posliini kiinnitetään jalustaan
- 11 liitinkotelo toisioliittimiseen
- 12 kiinnitysraudat ja nostoreiät

Jännitemuuntajia rakennetaan öljy- ja valuhartsieristeisinä. Öljyeristeisiä jännitemuuntajia käytetään kaikilla jännitetasoilla. Kaikista suurimmilla jännitetasoilla (U_N 380 kV tai suurempi) eristysteknisten ongelmien välttämiseksi jännitemuuntajat rakennetaan yleensä kaskadiperiaatteella, eli muuntajien sarjakytkenällä. Valuhartsieristeiset jännitemuuntajat ovat tarkoitettu lähinnä sisäkäyttöön. /5/

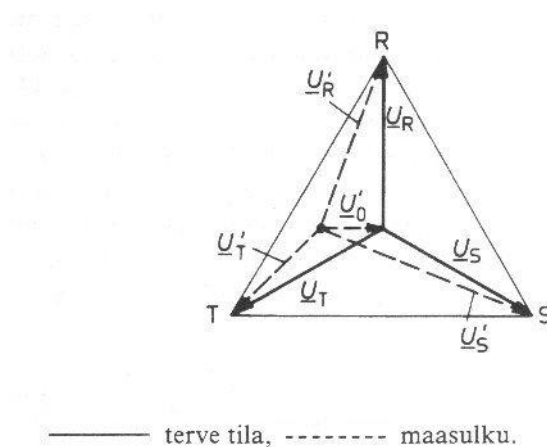
3.1.1. Käyttöön liittyvät seikat

Maasulun ilmaiseminen jännitteenmittauksen avulla voidaan toteuttaa mittaamalla verkon nollapisteen jännite. Ensiökkämin tähtipisteen maadoittaminen on erityisen tärkeä tällaisissa tilanteissa. Nollajännitteen mittaamiseen usein käytetään kuvan 9 mukaista kytkentää. Kytkenä on muodostettu yksivaihemuuntajista. /5/



Kuva 9. Avokolmiokytkentä /5/

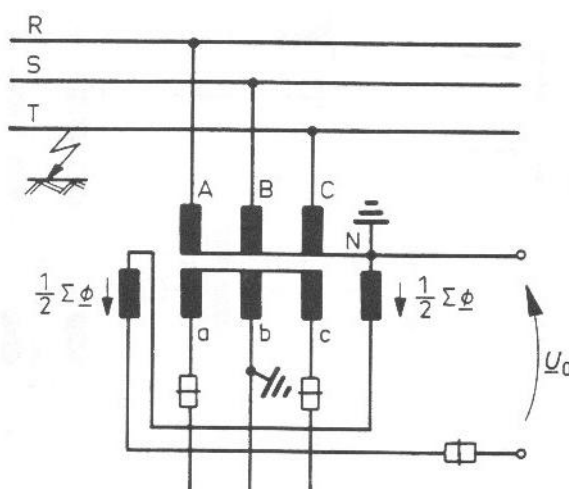
Kuvassa 9 jokainen yksivaihemuuntaja on varustettu kolmella käämillä. Muuntajan tähtikytketystä toisiopuolelta tapahtuu normaali jännitteenmittaus. Kuvan 9 alaosassa olevat avokolmioon kytketyt tertiäärikäämit ilmaisevat maasulun. Liittimistä da-dn mitattu jännite U_0 on suoraan verrannollinen verkon nollajännitteeseen. /5/



Kuva 10. Jännitteet terve-tilan ja maasulun aikana /5/

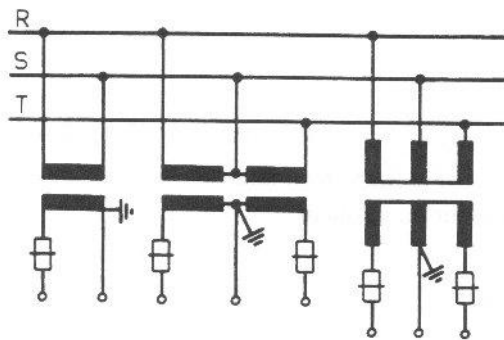
Kuvassa 10 oleva jännitekolmio esittää nollajännitteen mittausta avokolmion summajännitteenä. Jatkuvaviiva ilmaisee jännitteet kun tila on normaali ja katkonainen viiva ilmaisee jännitteet maasulkutilassa. Maasulkutilassa tähtipisteen ja maan välille muodostuu jännite U_0 . /2/

Jos nollapiste halutaan mitata kolmivaiheista jännitemuuntajaa käyttäen, on tehtävä kuvan 11 mukainen kytkentä. Kuvassa 11 on ns. vaippamuuntajalla tehty kytkentä. Maasulun aiheuttamalle nollavuolle on tehty oma paluutie. /5/



Kuva 11. Nollajännitteen mittaaminen viisipylväisellä vaippamuuntajalla /5/

Tavallisesti kolmipylväistä jännitemuuntajaa ei saa maadoittaa ensiöpuolen tähtipisteestä. Jos maasulku syntyy ja tähtipiste on maadoitettu, syntyy muuntajan rautasydämeen nollavuo, joka poikkeaa nolasta. Seurauksena voi olla suuri tyhjäkäyntivirta ja muuntajan vaurioituminen. Nollapisteen jännitemittauksista ei tällaisilla muuntajilla tavallisesti voi suorittaa. Normaaleihin jännitemittauksiin (vaihe- ja pääjännite) tällainen muuntaja kuitenkin sopii, kuten muutkin aikaisemmin esitetyt muuntajatyypit. /5/



Kuva 12. Erilaisia jännitemuuntaja kytkentöjä /5/

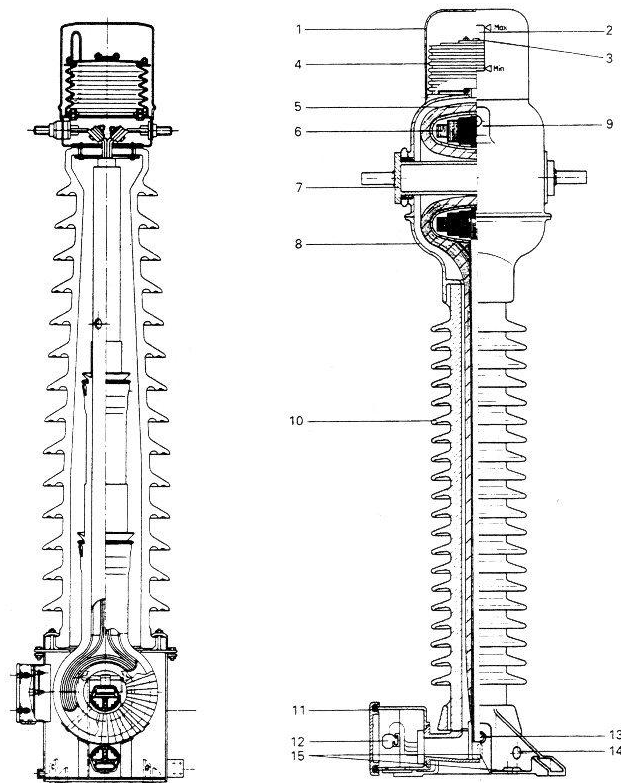
Kuvassa 12 esiintyy eräitä vaihe- ja pääjännitteen mittaukseen soveltuvia jännitemuuntajien kytkentätapoja. Jännitemuuntajien toisiopiirien maadoittamisella pyritään suojautumaan ensiö- ja toisiokäämien välisiä eristysvikoja vastaan. Virtamuuntajilla on sama periaate. Maadoittaminen perustuu sähköturvallisuusmääräyksiin. Sähköturvallisuusmääräyksen mukaan suurjännitejärjestelmään liitettävän mittamuuntajan toisiopiiri on käyttömaadoitettava. Äärijohdin voidaan maadoittaa mittamuuntajien käytön yhteydessä. /5/

3.1.2. Suojaus

Jännitemuuntajat voidaan varustaa myös ensiösulakkeilla jos tähän nähdään tarvetta. Tällaisella ratkaisulla voidaan suojata tai ainakin lieventää vikatapauksissa syntyviä vaikutuksia. Toisiopiirissä sattuvissa vioissa ei ensiösulakkeista ole hyötyä, koska virta jää liian pieneksi ensiöpuolella. Sulakkeet siis voivat toimia vain jännitemuuntajan sisäisissä vioissa. Viat ensiökäämissä johtavat helposti valokaarioikosulkuun ja sulakkeen toimintaedellytysten heikkenemiseen. /2/

3.2. Virtamuuntaja

Kuvissa 13–15 on esimerkkejä erilaisista virtamuuntajatyypeistä. Ulkotiloihin asennettavat virtamuuntajat ovat öljytäytteisiä ja hermeettisesti suojattuja. Paisuntatila, joka sijaitsee muuntajan osassa, suljetaan tavallisesti metallipalkeella tai typpityynyllä. Typpi estää öljyn hapettumisen, mutta sitä voi liueta öljyyn, mikä taas puolestaan heikentää öljyn jännitelujuutta. Muuntajan ulkoinen kuori on tavallisesti posliinieristeinen. Tukieristinmallisissa virtamuuntajissa ensiökäämi ja sydänosat voivat olla maan potentiaalissa olevassa säiliössä tai sitten ne on sijoitettu johdon potentiaalissa olevaan muuntajan yläosaan. /5/

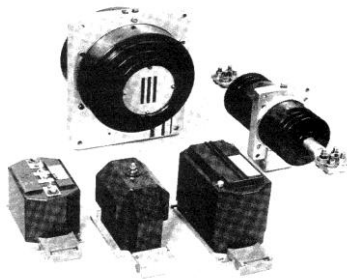


Kuva 13. Ulkotiloihin asennettavia virtamuuntajia /5/

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| 1 säiliö | 9 nostokahvat |
| 2 palkeen asennonosoitus | 10 posliinieristin |
| 3 öljyntäyttöruuvi | 11 liitinkotelo |

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 4 metallipalje | 12 toisioliittimet |
| 5 eristys | 13 öljynäyteruuvi |
| 6 sydän ja toisiokäämit | 14 nostokahvat |
| 7 ensiökäämi | 15 maadoitusliittimet |
| 8 säiliön alaosa | |

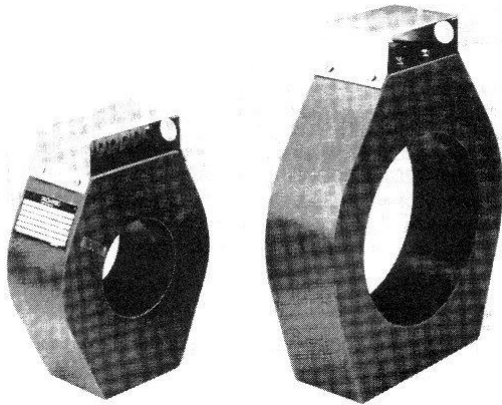
Sisälle asennettavat virtamuuntajat ovat useimmiten valuhartsieristeisiä muuntajia. Tällaisten muuntajien etuna on pieni koko ja suuri sähköinen ja mekaaninen lujuus. Kuvassa 14 on esitetty valuhartsieristeisiä virtamuuntajia. /5/



Kuva 14. Sisälle asennettavia valuhartsieristeisiä virtamuuntajia /5/

Suurjännitevirtamuuntajat rakennetaan yleensä siten, että yhteiselle ensiökäämille sijoitetaan useampia rautasydämiä mittareita ja releitä varten. Tällöin sydämet on mitoitettava tarpeen mukaan. Virtamuuntajat voivat olla vaihtokytkettäviä kahdelle tai useammalle ensiövirralle. Suurjännitevirtamuuntajat voidaan varustaa kapasitiivisella ulostulolla jännitemuodon tutkimista varten. /5/

Yleisesti käytössä olevia virtamuuntajatyyppejä ovat myös läpivientivirtamuuntajat ja ns. reikävirtamuuntajat. Tällaisia käytetään lähinnä suurjännitekiskosten yhteydessä. Ensiökäämin muodostaa tällöin läpi menevä kisko. Kuvassa 15 on esitetty erilaisia reikävirtamuuntajia. /5/

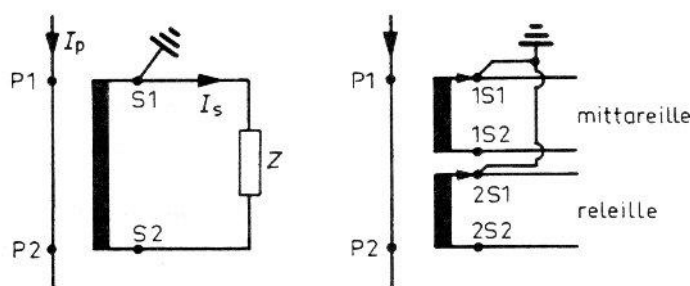


Kuva 15. Kaapelivirtamuuntajat /5/

Kaapelivirtamuuntaja, joka muodostuu reikävirtamuuntajista, käytetään sitä kaapeliverkossa maasulun indikointiin. Tällaisessa tapauksessa kaapelin vaiheet muodostavat ensiökäämin, joka viedään muuntajan läpi. /5/

3.2.1. Virtamuuntajan käyttöön liittyvät seikat

Virtamuuntajissa kirjan P viittaa ensiökäämiin ja kirjain S toisiokäämiin. Kuvassa 16 on esitetty muutama kytkentä sekä liitinmerkkien käyttöä. /5/



Kuva 16. Virtamuuntajan kytkentä tapoja /5/

Virtamuuntajan toisiopuolella esiintyvä jännite on vain muutamien voltin arvoinen. Jos toisiopiiri avataan, voi toisioliittimien välinen jännite kasvaa hyvinkin suureksi. Jännite voi nousta todella korkeaksi, jopa laitteille ja ihmisille vaaralliseksi. Tämän vuoksi ei virtamuuntajan toisiopiiriä saa koskaan avata, eikä sinne myöskään saa sijoittaa minkäänlaisia varokkeita. /5/

Ensiökäämin induktanssista johtuu se että, käämin läpi kulkeva syöksyvirtapulssi aiheuttaa ensiökäämiin varsin suuria ylijänniterasituksia. Jänniterasituksia voidaan rajoittaa, kun käytetään liittimien väliin kytkettävää kipinäväliä, epälineaarista vastusta tai venttiilisuoja. Venttiilisuoja on se hyvä puoli, että sillä voi samalla rajoittaa myös toisiopuolelle siirtyneitä jännitteitä. /5/

3.2.2. Virtamuuntajan valintaan liittyvät asiat

Virtamuuntajan tarkkuusluokka on valittava mitattavan kohteen perusteella. Taulukossa 2 on esitetty virtamuuntajien tarkkuusluokkia. /5/

Taulukko 2. Virtamuuntajien tarkkuusluokat /5/

Tarkkuus- luokka	Taakka $\times S_N$	Tehoker- roin $\cos \varphi$	Ensiövirta $\times I_{pN}$	Virtavirhe $\pm \%$	Kulmavir- he $\pm \text{min}$	Yhdistetty virhe $\%$
0,1	0,25... 1	0,8 ind, kun $S_N \geq 5 \text{ VA}$ muulloin 1,0	0,05	0,4	15	—
0,2			0,2	0,2	8	
			1,0	0,1	5	
			1,2	0,1	5	
			0,05	0,75	30	—
0,2			0,35	15		
1,0			0,2	10		
1,2			0,2	10		
0,5			0,05	1,5	90	—
			0,2	0,75	45	
			1,0	0,5	30	
			1,2	0,5	30	
1			0,05	3,0	180	—
			0,2	1,5	90	
			1,0	1,0	60	
			1,2	1,0	60	
3	0,5... 1		0,5	3	—	—
1,2			3	—	—	
0,5... 1,2			5	—	—	
5 P	1		1	1	60	—
n			—	—	5	
10 P			1	3	—	—
			n	—	—	10

Taulukossa 2 n vastaa tarkkuusrajakerrointa. Linearisessa virtamuuntajassa tarkkuusluokaksi suositellaan 10 P ja kulmavirheeksi 150 min taakan ja virran ollessa nimellinen. /5/

Suojaustarkoituksiin käytetyille virtamuuntajille määritetään mitoitustarkkuusrajavirta. Sillä tarkoitetaan sitä ensiövirran arvoa, jolla virtamuuntaja pysyy yhdistetylle vaiheelle asetettujen vaatimusten (5 %, 10 %) sisällä. Mitoitustarkkuusrajavirran ja ensiövirran suhde on ns. tarkkuusrajakerroin. /5/

Tarkkuusluokkaa 0,5 suositellaan, jos vuosittainen energiankulutus on alle 10 GWh. Kuormituksen ollessa suurempi valitaan tarkkuusluokaksi 0,2. Valvontamittauksissa tarkkuusluokat ovat yleensä 1 ja 3. Suojauksessa käytetään 10 P. /5/

Taakka on tärkeä kun valitaan virtamuuntajia ja niiden syöttämiä laitteita. Virtamuuntajan karakterisoivat ominaisuudet ilmaistaan nimellistaakalla. Jos virtamuuntajan ja sen syöttämän kojeen nimellisarvot poikkeavat toisistaan, ovat tällöin kojeen arvot muunnettava vastaamaan virtamuuntajan arvoja. /5/

3.3. Mittamuuntajien koestus

Mittamuuntajien koestusvaatimukset poikkeavat hieman muille laitteille asetetuista vaatimuksista. Mittamuuntajissa joudutaan aina käyttämään myös vaurioituvia eristeitä, joten ne on koestettava eri tavalla. Mittamuuntajille suoritetaan kappalekokeena seuraavat koestukset:

- napaisuuden tarkastus
- ensiökäämi vaihtojännitekoe
- toisiokäämin vaihtojännitekoe
- ensiökäämin häviökulman mitta
- osittaispurkausmittaus (virtamuuntajille)
- virhemittaus, jolla todetaan muuntajan täyttävän standardien vaatimukset.

Lajikokeina mittamuuntajille suoritetaan lämpenemiskoe, syöksyjännitekoe (ehdollinen) sekä virtamuuntajien tapauksessa lyhytaikaisvirtakoe. Jännitemuuntajille suoritetaan oikosulkukoe. /5/

4. KATKAISIJAT JA EROTTIMET

Virrallisenpiirin avaamiseen ja sulkemiseen on käytettävä aina tarkoituksen mukaista kytkinlaitetta. Kun kytkinlaite on suljettu, sen on vaaraa aiheuttamatta kestettävä virtapiirissä suurin mahdollinen virta. Sulkemis- ja katkaisuominaisuuksien perusteella kytkinlaitteet jaetaan kolmeen ryhmään: /2/

- katkaisijat
- erottimet
- kytkimet.

Erotinta ei ole tarkoitettu kuormitetun virtapiirin sulkemiseen tai avaamiseen. Erottimen on kuitenkin kyettävä kiinniasennossa kestäämään piirissä esiintyvät kuormitusvirrat sekä oikosulkuvirrat. Kytkimen on pystyttävä vaaraa aiheuttamatta sulkemaan ja katkaisemaan kuormitusvirta. /2/

4.1. Katkaisijat

Katkaisijoita käytetään virtapiirin avaamiseen ja sulkemiseen. Katkaisijat voivat toimia käsiohjauksella tai automaattisesti. Automaattista toimintaa katkaisijoille käytetään, kun on kyseessä ylivirta tilanne, esimerkiksi oikosulku- tai maasulkuvirta. Avautumis- ja sulkeutumiskäskyn toteutus tapahtuu erityistä releohjausta käyttäen. Katkaisijat tyypillisesti pystyvät avaamaan sekä sulkemaan oikosulkupiirin, eli piirin jossa virta on monenkertainen nimellisvirtaan nähden. /5/

4.1.1. Katkaisutapahtuma

Kun virtapiiri katkeaa katkaisijan toimiessa, ei virta katkea heti, vaan virtapiiri pysyy suljettuna valokaaren välityksellä. Valokaarella on myös oleellinen osa virran katkaisussa.

Valokaaren johtavuus on erittäin hyvä suuren virran aikana, mikä sallii koskettimien avautumisen niin etäälle toisistaan, että avausväli kestää täyden jännitteen valokaaren sammuttua. Virran nollakohdassa valokaaren resistanssi kasvaa erittäin nopeasti, varsinkin kun sitä jäähdytetään sopivasti. Valokaari muuttuu johteesta eristeeksi vaihtovirralla virran nollakohdassa. /5/

Katkaisussa käytetään hyväksi virran nollakohtia. Katkaisun helpottamiseksi valokaarta pidennetään sopivasti. Se jaetaan useaan eri osaan sekä sitä jäähdytetään tehokkaasti. Väliaine valokaaren ympärille valitaan siten, että se edesauttaa valokaaren sammumista. Kaikkien edellä mainittujen tekijöiden johdosta valokaari muuttuu virran nollakohdassa lyhyessä ajassa johteesta eristeeksi. Tämä pyritään aikaansaamaan riittävän joustavasti, jottei virta katkeaisi liian nopeasti. Virran nopeasta katkaisusta voi seurata ylijännitevaara. /5/

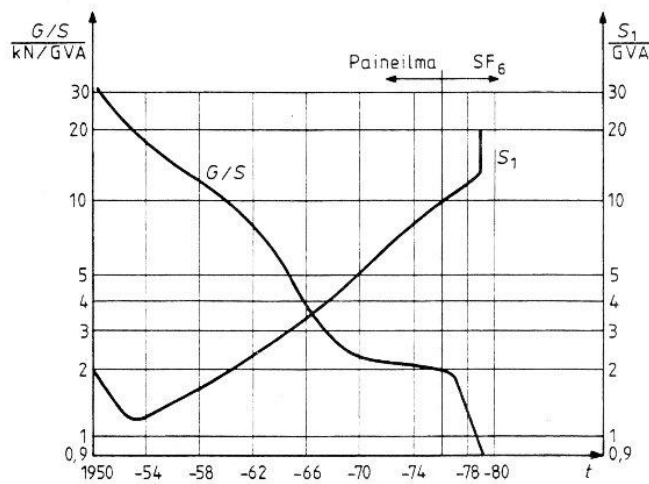
Valokaaren tärkeimmät ositus- ja jäähdytysmenetelmät perustuvat valokaaren ympärillä olevien seinärakenteiden ja väliaineiden käyttöön. Kiinteät seinärakenteet jäähdyttävät valokaarta tehokkaasti, niiden lämpökapasiteetin takia. Katkaisukammiossa olevat väliaineet hajoavat valokaaren vaikutuksesta kaasuiksi, nämä kaasut jäähdyttävät valokaarta ja auttavat sen sammumaan. /5/

4.1.2. Katkaisijatekniikan kehitys

Väliaineen mukaan katkaisijat voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- ilmakatkaisijat
- öljykatkaisijat
- vähäöljykatkaisijat
- paineilmakatkaisijat
- SF₆ katkaisijat
- tyhjökatkaisijat.

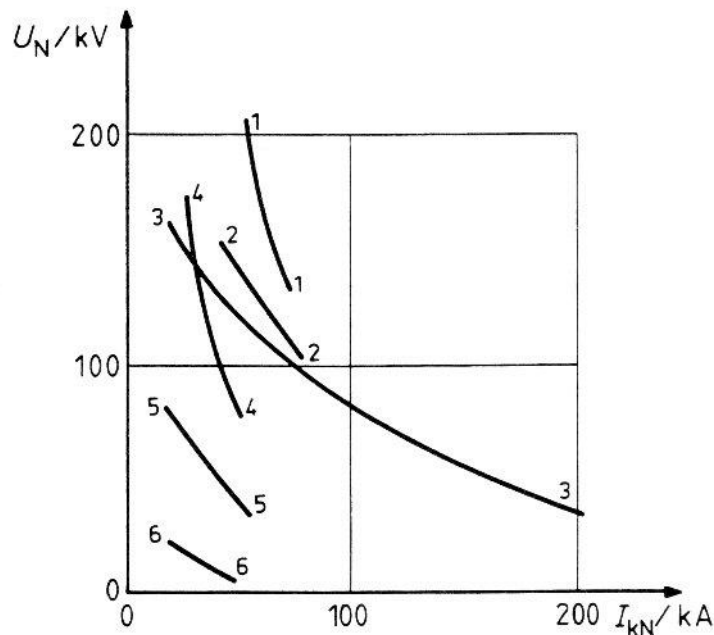
Yllä oleva järjestys kuvaa myös katkaisijoiden kehitystä, joka on ollut sidoksissa verkkojen kehitykseen (siirtojännitteiden ja kuormitus- sekä vikavirtojen kasvu). Kaikkia yllä olevia katkaisijatyyppejä tavataan vielä verkossa. Katkaisijatekniikassa on koettu 70- ja 80-luvuilla voimakas muutos ja kehitys, tämä on johtanut SF₆- ja tyhjökatkaisijoiden suureen yleistymiseen. Suurjännitekatkaisijat ovat lähes yksinomaan SF₆ katkaisijoita. /5/



Kuva 17. Katkaisijoiden kehityskäyrä /5/

Kuvassa 17 näkyy kuinka katkaisijan paino katkaisutehoa kohti on pienentynyt noin 30. osaan. Samalla katkaisuteho on kasvanut yhtä katkaisukohtaa yli 10 kertaa suuremmaksi. Kuvassa esiintyvät kirjaimet ovat: /5/

- G on painovoima
- S on katkaisukyky tehona
- S₁ on katkaisukyky tehona katkaisupäätä kohden



Kuva 18. Katkaisijan tyypillisiä toiminta-alueita /5/

U_N (nimellisjännite)	I_{kN} (katkaisukyky)
1 SF ₆ (2-paine)	4 vähäöljy
2 SF ₆ (1-paine)	5 tyhjä
3 paineilma	6 magneettipuhallus (ilma)

Kuvassa 18 on esitetty arvoja eri katkaisijatyyppeiden katkaisukyvystä. Suomessa katkaisukyky vaatimukset ovat 40 kA:n luokkaa. Suurvoimalaitoksilla voidaan joutua suurempiin katkaisukykyvaatimuksiin. /4/

4.1.3. Ilmakatkaisijat

Ilmakatkaisijassa on katkaisukärjet normaalipaineisessa ilmassa. Tavallisesti ne on suojattu tulenkestävällä sekä eristävällä valokaarisuojuksella. Suojus sisältää useita välilevyjä valokaaren sammuttamisen tehostamiseksi. Usein ilmakatkaisijassa on erikseen pää- ja valokaarikoskettimet. Kun katkaisija on suljettu, kulkee virta pääkoskettimien kautta. Valokaarikoskettimet suojaavat pääkoskettimia kun katkaisija avataan. Valokaari syntyy valokaarikoskettimien välille, koska pääkoskettimet avautuvat ennen niitä. /5/

Ilmakatkaisijoita valmistetaan tavallisesti pienjännite käyttöön. Nimellisvirrat voivat olla 10 kA:n luokkaa ja katkaisuvirta on yleensä 25–50 kA, joskus katkaisuvirta voi nousta suuremmaksikin. /5/

4.1.4. Öljykatkaisijat

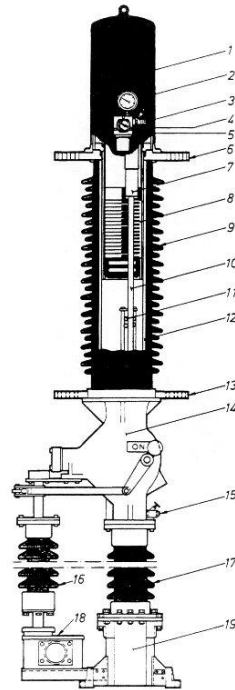
Öljykatkaisijoissa käytetään mineraaliöljyä valokaaren sammutusaineena. Mineraaliöljy kaasuuntuu valokaaren vaikutuksesta osiinsa. Kaasuvaipalla on voimakas valokaarta sammuttava vaikutus. Seuraavilla keinoilla voidaan lisätä katkaisukykyä: /5/

- Öljysäiliö rakennetaan kestämaan suurta painetta, joka auttaa valokaaren sammumista.
- Koskettimien ympärille rakennetaan tiiviit eristävästä aineesta valmistetut sammutuskammiot. Valokaaren vaikutuksesta paine nousee todella nopeasti, joka edistää kosketinliikettä ja paineen synnyttämä öljyvirta sammuttaa valokaaren.

Suomessa tavallisia öljykatkaisijoita on käytössä vain vanhimmissa laitoksissa, joissa oikosulkuteho on suhteellisen pieni. Yleisesti on pyritty pois suurista öljymääristä, sillä katkaisijan räjähdysten sattuessa ovat seuraukset tuhoisat. /5/

4.1.5. Vähäöljykatkaisijat

Toisin kuin öljykatkaisijoissa, ovat vähäöljykatkaisijoiden sammutuskammiot rakennettu kullekin vaiheelle erikseen eristimien varaan, tällä on pyritty saamaan aikaan ulkoinen eristys. Samalla on saatu öljymäärä vähäiseksi kutakin napaa kohden. /5/



Kuva 19. Vähäöljykatkaisija /5/

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| 1 painekupu | 10 kosketinpuikko |
| 2 manometri | 11 rullakoskettimet |
| 3 paineistusventtiili | 12 tukilieriö |
| 4 öljynpinnan korkeuden osoitin | 13 liitin |
| 5 puhallusventtiili | 14 kampikammio |
| 6 liitin | 15 öljynpoistohana |
| 7 kiinteä kosketin | 16 ohjainposliini |
| 8 sammutuskammio | 17 tukieristin |
| 9 posliini | |

Kuvassa 19 on esitetty ulkoasennukseen käytettävän 123 kV katkaisijan yhden pilarin halkileikkaus. Sammutuskammiot, joissa katkaisut tapahtuvat, sijaitsevat kiinteän koskettimen alapuolella. Kammiossa syntyvä paine saa aikaan tehokkaan poikittaisen puhalluksen, tästä johtuen suuret virrat katkeavat jo täällä. Kun katkaisu tapahtuu pienille virroille, ei puhallus ole välttämättä riittävä. Tämän vuoksi on kammion alaosaan järjestetty lokero, jossa pienistäkin virroista syntyvä valokaari saa aikaan riittävän paineen

ja puhalluksen katkaisua varten. Jälleensyttymisvaarat estetään paineistamalla kammio typen avulla. /5/

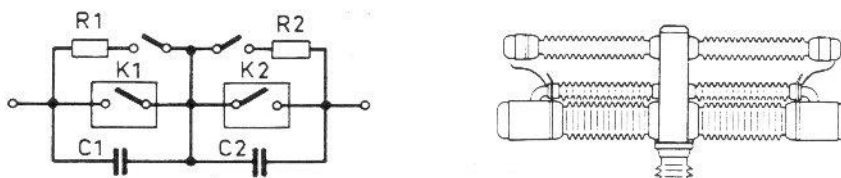
Vähäöljykatkaisijoita on saatavilla lähes kaikkiin jännitealueisiin. Niiden pääasiallinen käyttöalue on kuitenkin 7,2–123 kV, ja paikoissa joissa kytkentätiheys ja oikosulkuvirrat ovat kohtuullisia. /5/

4.1.6. Paineilmakatkaisijat

Paineilmakatkaisijat ovat pitkään olleet vähäöljykatkaisijoiden kanssa tärkein käytettävistä katkaisijoista. Paineilmaa käytetään valokaaren sammuttamiseen sekä katkaisijan ohjaukseen. /5/

Paineilmakatkaisijoita on rakennettu suurimpiin jännitteisiin ja katkaisuvirtoihin asti. Paineilmakatkaisija sopii vaativiin käyttökohteisiin, joissa oikosulkuvirtojen katkaisuja on usein ja joissa nimellis- ja oikosulkuvirrat ovat suuria. Käyttöön liittyviä häirttekijöitä ovat paineilmaverkoston tarve ja käytössä syntyvä kova melu. /5/

72,5 kV asti paineilmakatkaisijoissa on yleensä yksi katkaisupää, kun jännite kasvaa joudutaan kytkemään useampi katkaisupää sarjaan. Jännitteet tasataan katkaisupäiden kesken jännitteenjakokondensaattorilla, joskus myös tämä tapahtuu vastuksien avulla. Nämä tavat voivat toimia samalla myös palaavan jännitteen alkuvärähtelyjä vaimentavina komponentteina. /5/



Kuva 20. Sulkemisvastus ja jännitteenjakokondensaattori katkaisijassa /5/

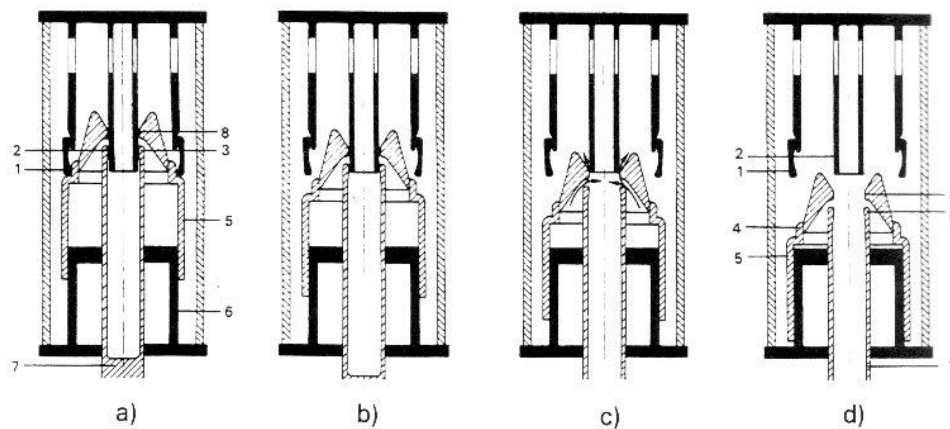
Johdon jännitteenannossa syntyviä kytkentäylijännitteitä voidaan rajoittaa asentamalla avausvälin rinnalle ns. sulkemisvastukset, jotka näkyvät kuvassa 20. Resistanssiltaan sulkemisvastukset ovat johdon aaltovastuksen luokkaa eli noin $500\ \Omega$. /5/

4.1.7. SF₆-katkaisijat

SF₆-katkaisijat ominaisuuksiin kuuluu palamattomuus, suuri valokaaren jäähdytyskyky, yhdellä katkaisuyksiköllä saavutettava palaavan jännitteen kestokyky ja tästä johtuva suurempi katkaisuteho kuin muilla katkaisijatyypeillä. SF₆-katkaisijoilla on harvemmat katkaisupäät, joten ne ovat yleensä taloudellisin vaihtoehto 123–765 kV jännitteillä. /5/

SF₆-katkaisijoiden mekaaninen elinikä on 5000–10000 katkaisukertaa. Katkaisuelimet kestävät tyypillisesti 10–20 katkaisukertaa täydellä oikosulkuvirralla. Nimellisvirralla kertoja voi olla useita tuhansia. Katkaisijoiden ongelmia on ollut mm. valokaaren aiheuttamat myrkylliset ja kosteuden kanssa korroosiota aiheuttavat yhdisteet, alhaisessa lämpötilassa kaasun nesteytyminen sekä suuri ohjausenergian tarve yli 100 kV jännitteillä. Tiivisteissä on myös ollut ongelmia kun lämpötila alkaa lähennellä -50°C . /5/

Kosteuden ja kaasun hajoamistuotteiden estämiseksi katkaisijakammion pohjalle laitetaan yleensä absorptioainetta. Kaasun nesteytyminen voidaan estää, kun sekoitetaan tyyppiä SF₆-kaasuun. Seoskaasukatkaisijan katkaisuteho ei juuri poikkea normaalin SF₆-katkaisijan katkaisutehosta. /5/



Kuva 21. Autopneumaattinen katkaisuperiaate /5/

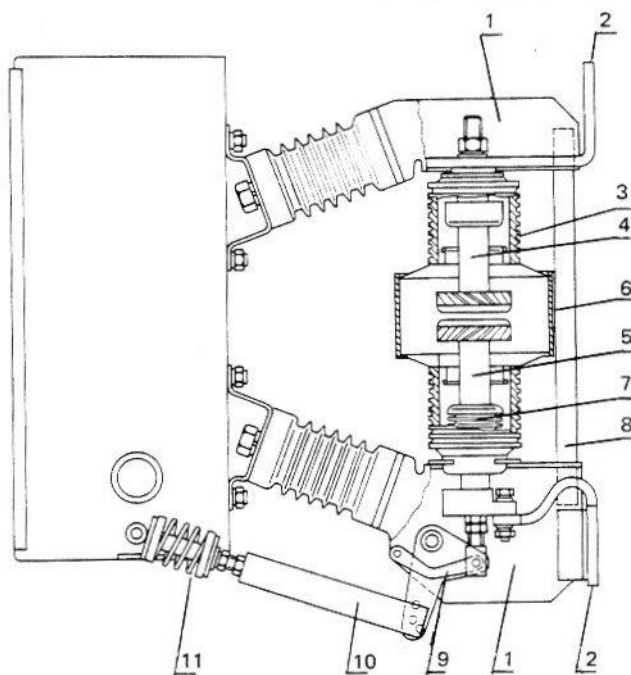
- | | | | |
|---|--------------------------|---|----------------------------|
| a | katkaisija kiinni | 1 | kiinteä pääkosketin |
| b | avautumisliikkeen alku | 2 | kiinteä valokaarikosketin |
| c | valokaaren syntymisvaihe | 3 | liikkuva valokaarikosketin |
| d | katkaisija auki | 4 | liikkuva pääkosketin |
| | | 5 | liikkuva sylinteri |
| | | 6 | kiinteä mäntä |

Ensimmäiset kehittyneemmät mallit SF₆-katkaisijoista toteutettiin kaksoispainetekniikalla. Näissä katkaisijoissa johdettiin katkaistaessa kaasua korkeapaineosasta (1,5-2 MPa) matalapaineosaan (0,4 MPa). Tällaisen systeemin haittoina olivat monet tarvittavat apulaitteet. SF₆- ja seoskaasukatkaisijoiden yleistyminen alkoi, kun siirryttiin yksipainejärjestelmään. Paine-ero ja kaasun virtaus saadaan aikaan mäntä-sylinteri menetelmällä. Kuvassa 21 on esitetty periaate yksipainejärjestelmän toiminnasta. /5/

SF₆-katkaisijat sopivat lähes jokaiseen katkaisutilanteeseen, mutta palaavan jännitteen jyrkkyyteen tulee kiinnittää huomiota esim. muuntajan syöttämän vikavirran katkaisussa. SF₆-katkaisija soveltuu erittäin hyvin kompensoimislaitteiden katkaisijaksi, koska se pystyy katkaisemaan nimellisvirtansa ilman huoltoa tuhansia kertoja. /5/

4.1.8. Tyhjökatkaisijat

Tyhjökatkaisijat ovat rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia verrattuna edellisiin katkaisijatyyppeihin. Periaatteessa näihin tarvitaan vain liikkuva- ja kiinteäkosketin, jotka sijoitetaan tyhjösäiliöön. Kun koskettimet etääntyvät toisistaan, jää valokaari palamaan kosketinpinnoilta höyrystyneeseen metallipilveen eikä ionisoituneeseen kaasuun, kuten muissa katkaisijatyypeissä. Tyhjön hyvän jännitelujuuden vuoksi 5-15 mm avausväli riittää hyvän jännitelujuuden saavuttamiseksi. /5/



Kuva 22. Tyhjökatkaisijan rakenne /5/

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 katkaisuyksikön kannattimet | 7 metallipalje |
| 2 liittimet | 8 eristävä tukitanko |
| 3 keraaminen eristin | 9 ohjaava vipu |
| 4 kiinteä kosketin | 10 eristävä välitanko |
| 5 liikkuva kosketin | 11 kosketusvoiman antava jousi |
| 6 sammutuskammio | |

Kuva 22 esittää tyhjökatkaisijan rakennetta, tyhjöputkien kannattimet on asennettu kahdella valuhartsieristimellä ohjainkoteloon. Tyhjöputkessa liikkuvalla koskettimella on

mahdollisuus liikkua pystysuunnassa. Sammutuskammio, joka on valmistettu teräksestä, suojaa keraamisia eristeosia metallihöyryiltä. /5/

Parhaiten tyhjökatkaisijat sopivat tilanteisiin, joissa vaaditaan suurta kytkentätiheyttä. Tyhjökatkaisija toimii myös kapasitiivisen virran katkaisussa, joskin kosketinmateriaalin on tällöin kiinnitettävä huomiota. Korkeataajuisien induktiivisten kuormien katkaisuissa voi syntyä ylijännitteitä toistuvien uudelleensyttymisien myötä, kun syöttävän piirin kapasitanssi on suuri. /5/

4.1.9. Katkaisijoiden ominaisarvot ja koestaminen

Tärkeimpiä arvoja katkaisijan ominaisuuksista ovat nimellisvirta ja -jännite, myös katkaisukyky ja sulkemiskyky ovat tärkeitä. Nimellisvirta määrää katkaisijalle kuormitettavuuden. Kuormitettavuudessa ei saa ylittää standardisoituja lämpenemisarvoja. Katkaisijan nimellisjännite on sama kuin suurin sallittu käyttöjännite. Nimellisjännite määrää katkaisijan eristyksille asetettavat jännitelujuusvaatimukset. /5/

Katkaisijan tärkein ominaisuus on avata/sulkea vaurioitumatta oikosulkupiiri. Oikosulun katkaisukyvyllä tarkoitetaan suurinta mahdollista virtaa, jonka katkaisija pystyy katkaisemaan nimellisjännitteellä. Sulkemiskyky tarkoittaa sitä, kuinka suuren oikosulkuvirran omaavan piirin katkaisija voi sulkea oikosulkuun koskettimien hitsautumatta. Sulkemiskyvyn tulee olla nimellisjännitteellä 2,5 x symmetrinen katkaisuvirta. Katkaisijan tulee kestää edellä mainittujen lisäksi yhden sekunnin ajan virta I_{term} , sekä epäsymmetrisen oikosulkuvirran aiheuttamat dynaamiset rasitukset i_{dyn} . /5/

4.2. Erottimet

Erottimien tehtävänä on:

- Muodostaa turvallinen avausväli erotettavan virtapiirin ja muun laitoksen välille.

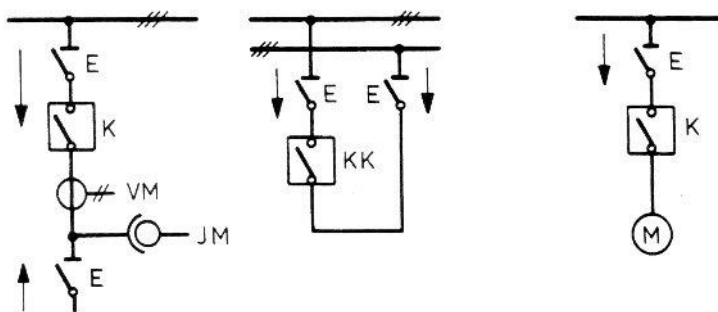
- Jännitteettömäntyöskentelyn mahdollistaminen.

Yllä olevien tehtävien perusteella erottimen avausvälin on oltava luotettava. Tästä johtuen erottimen avausvälin on oltava näkyvä tai se on varustettava mekaanisella ilmaisimella. Toiseksi erottimen avausvälin jännitelujuuden on oltava suurempi kuin muun ympärillä olevan eristyksen. /5/

Nämä turvallisuuskohdat muodostavat erottimien ensisijaiset tehtävät. Erottimia ei ole tarkoitettu kuormitetun virtapiirin avaamiseen ja sulkemiseen, tästä syystä niiltä ei vaaditakaan virran katkaisu- eikä sulkemiskykyä. Turvallisuussyistä erottimet on voitava lukita auki- sekä kiinniasentoon. Erottimen vaara aiheuttava käyttö on estettävä. /5/

4.2.1. Erottimien käyttöön liittyvät seikat

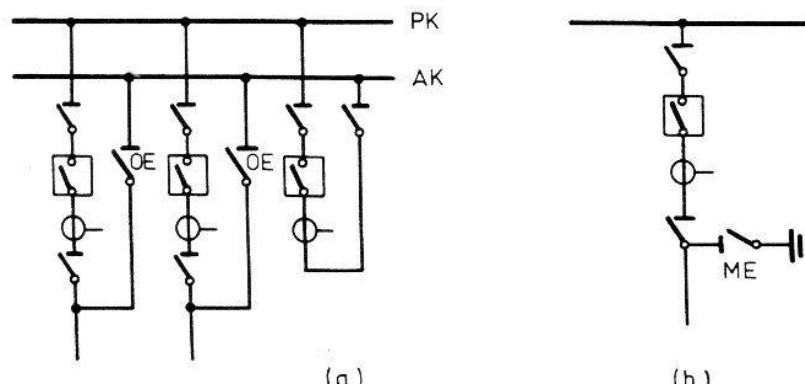
Turvallisuusvaatimukset ovat määränneet erottimien käyttötavat, joita kuva 23 esittää. Kun energian virtaussuunnalle ei ole olemassa kuin yksivaihtoehto, riittää että erotin sijoitetaan katkaisijan ja syöttävänkiskon väliin. Jos syöttö on mahdollista molemmista suunnista, on erotinta käytettävä katkaisijan molemmin puolin. /5/



Kuva 23. Eräitä erottimien kytkentätapoja /5/

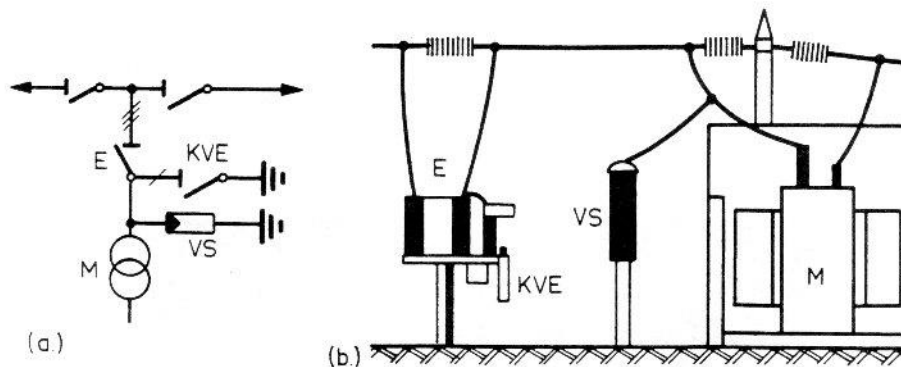
Kuvassa 23 näkyy kun laitos on jaettu erottimien avulla osiin tai huoltoa vaativat osat ovat erotettu jännitteettömäksi. Erottimia käytetään myös keskeytymättömän käytön mahdollistavina ohituserottimina sekä maadoituserottimina. Maadoituserottimien tarkoitus

on estää vikavirtojen ja indusoituneiden jännitteiden vaaravaikutukset, kun verkossa työskennellään. Kuvassa 24 on esitetty ohituserottimen ja maadoituserottimen käyttö. /5/



Kuva 24. Ohitus- ja maadoituserottimen käyttötapoja /5/

Kuvassa 25 näkyy keinovirtaerottimella varustettu järjestelmä. Tällaisia erottimia on käytetty korvaamaan muuntajakatkaisija sellaisilla 110 kV johdon syöttämillä muuntoasemilla, jotka sisältävät vain yhden teholtaan alle 20 MVA muuntajan. Tällaisissa tapauksissa voidaan muuntaja kytkeä tyhjäkäynnissä jännitteiseksi ja jännitteettömäksi yläjännitepuolen erottimella. /5/



Kuva 25. Kytkinlaitos keinovirtaerottimella /5/

Kuvassa 25 on esitetty keinovirtaerottimella varustetun kytkinlaitoksen periaatteellinen pääkaavio sekä laitteiden sijoitus kentällä. Kuvassa näkyy muuntaja (M), venttiilisuojat (VS) sekä keinovirtaerotin (KVE). /5/

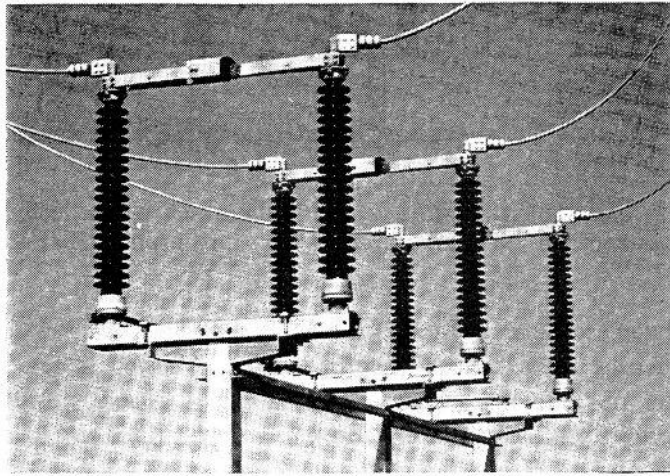
Kuormaerotin kykenee tavanomaisten erottimien tehtävien lisäksi katkaisemaan melko suuria kuormitusvirtoja sekä kytkemään pienehköjä oikosulkuvirtoja. Kuormaerottimesta voidaan sanoa, että se on eräänlainen katkaisijan ja erottimen välimuoto. Suomessa tällaista erotinta käytetään suurimmaksi osaksi keskijänniteverkossa sekä paikoissa, joissa joudutaan erottamaan kuormitusvirrallisia verkon osia toisistaan tai erottamaan verkosta suurehko kuormittamaton muuntaja tai kaapeliverkko. /5/

4.2.2. Erottimen rakenne

Erodotimet voidaan luetella joko yksi- tai kolminapaisiksi. Suurjännitteillä kolminapaisesti käytettävät erottimet kootaan yleensä yksinapaisista yksiköistä. Erodotimilla virtakestoisuusvaatimukset ovat tyypillisesti suuremmat kuin kytkinlaitoksen todelliset kuormitus- ja oikosulkuvirrat. Suomessa erikoisvaatimuksena erottimilla on kyetä toimimaan kovillakin pakkasilla sekä murtamaan muutamien senttimetrien jääkuorma. /5/

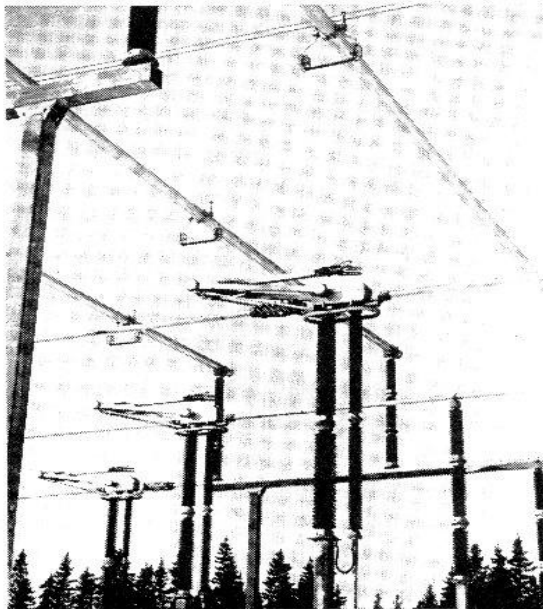
Eristimet erottimiin valmistetaan joko valuhartsista tai posliinista. Valuhartsin eristimet ovat tyypillisiä keskijänniteverkon erottimille. Posliini eristimet ovat käytössä yleensä suurjänniteverkoissa käytettävissä erottimissa. /5/

Tyypillisiä ulkokäyttöisiä erottimia on esitetty kuvissa 26 ja 27. Nimellisjännitteen ollessa 123 kV tai suurempi erottimet ovat 1-, 2- tai 3-eristimisistä navoista koottuja. Jälkimmäisten etuna on se, että niitä voidaan kuormittaa suuremmilla köysivoimilla. Tämän vuoksi erottimen hinta kasvaa. /5/



Kuva 26. 123 kV kolminapainen kiertoerotin /5/

Kuvassa 26 on esitetty vaakatasossa liikkuva kiertoerotin. Tällainen erotinmalli on yleisin ja se sopii hyvin kytkinlaitoksille, joissa tarvitaan erottimien rinnanasennusta. Tartuntaerotin sopii kohteisiin, joissa halutaan mahdollisimman pieni asennuspinta-ala. Tartunta erotin on esitetty kuvassa 27. Tarvittaessa kierto- ja tartuntaerottimet voidaan varustaa maadoitusveitsillä. /5/



Kuva 27. 420 kV tartuntaerotin /5/

Erottimet ovat yleensä käsi-, moottori- tai paineilmaohajttuja. Käsiohjaus tapahtuu tavallisesti eristävällä tangolla paikanpäällä. Moottoriohjatut erottimet ovat yleensä varustettu kauko-, paikallis- ja käsikäyttömahdollisuudella. Kauko-ohjauksella tarkoitetaan sitä, että erotinta voidaan ohjata sähköaseman valvomosta. /5/

Erottimille asetettavissa vaatimuksissa pätee yleiset laitteille ja kojeille asetettavat vaatimukset. Lisäksi erottimille voidaan turvallisuussyistä joutua asettamaan lisävaatimuksia. Lisävaatimuksia voivat olla jännitelujuus, sallittu köysivoima, ohjaimen ja koskettimien toimintavarmuus, luotettavuus sekä jäänmurtokyky. Jäänmurtokyvyllä kuvataan sitä kuinka vahvan jääkerroksen erotin kykenee auki- ja kiinniohjauksessa murtamaan. /5/

5. OHJAUS- JA SUOJAUSJÄRJESTELMÄ

Nykyisin ohjausjärjestelmät toteutetaan automaatiojärjestelmän avulla, joka koostuu paikallisväylän avulla toisiinsa liitetyistä vapaasti ohjelmoitavista prosessiasemista. Prosessiasema on yksikkö, joka toimii itsenäisesti. Yksikkö sisältää ohjelmoitavan ohjausyksikön ja tarvittavat tulo- ja lähtöyksiköt. /11/

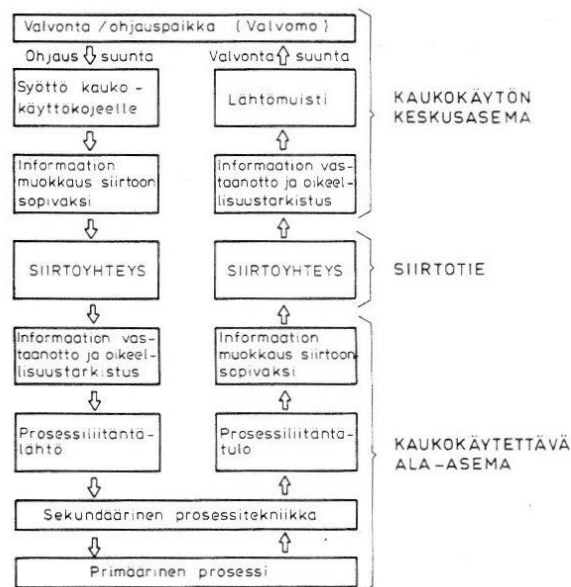
Ohjausjärjestelmän tehtäviin kuuluu laitteiden ohjaus- ja säätötoiminnot sekä mekaanisen suojauksen. Ohjaus- ja säätötoiminnot mahdollistavat laitoksen itsenäisen toiminnan, toimintoja voidaan valvoa ja ohjata paikallis- tai kaukokäytön avulla. Mekaanisen suojauksen toimintaan kuuluu tunnistaa voimalaitosprosessin ja sitä ohjaavien laitteiden toimintahäiriöt. Ohjausjärjestelmän tehtävät voidaan jakaa yhteisiin ja laitteistokohtaisiin toimintoihin. Toiminnoista muodostetaan prosessikokonaisuus. Toiminnalliset kokonaisuudet jaetaan prosessiasemien kesken. /11/

Suojaus koostuu ohjausjärjestelmän kanssa koordinoidusti toimivasta relesuojauksesta. Relesuojat jaetaan eristysvikoja valvoviin oiko- ja maasulkusuojaan sekä käyttöä valvoviin suojiin. Käyttöä valvova suojaus suojaa laitoksen kojeita laitoksen ulkopuolisen sähköverkon vika- ja häiriötilanteissa. Laajuus suojauksen suhteen riippuu mm. sähköturvallisuusmääräyksistä, vakuutusyhtiöiden ohjeista, voimantuottajan omaksumasta käytännöstä ja suojattavan kohteen arvosta. /11/

Ohjaus- ja suojausjärjestelmiltä vaaditaan käytettävyyttä ja luotettavuutta. Vaatimusten täyttämiseksi järjestelmien rakenne pyritään standardoimaan ja kahdentamaan siten, että yhden kojeen tai laitteiston vikaantuminen ei vaaranna eikä estä laitoksen normaalia toimintaa. /11/

5.1. Kaukokäyttöjärjestelmä

Sähkön siirto- ja jakeluverkot kattavat laajan alueen. Toiminta varmuutta ja häiriöiden paikallistamista ja lyhytaikaisuutta voidaan parantaa ja aikaansaada kustannussäästöjä ohjaamalla ja valvomalla toimintaa keskitetysti. Nämä saadaan toteutettua hyödyntämällä kauko-ohjausta, -mittausta, -säätöä, -asettelua ja -ilmoittamista. Kaukokäyttö tarkoittaa keskitetysti tapahtuvaa valvonta- ja ohjaustoimintaa. /5/



Kuva 30. Kaukokäytön toimintaperiaate /5/

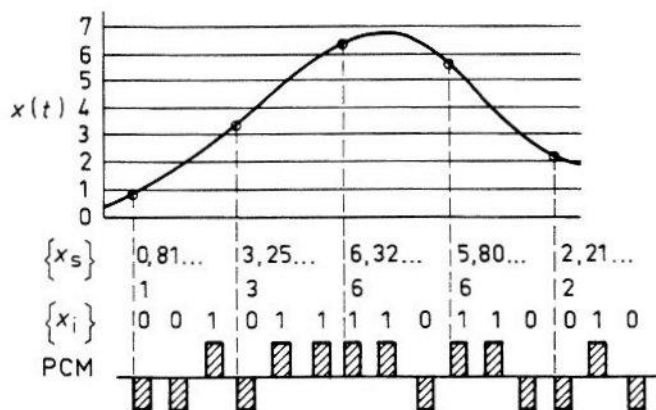
Kaukokäyttöjärjestelmän periaatteellista toimintaa esittää kuva 30. Valvottavaa prosessia koskevat tiedot tulevat on/ei-tyyppisinä viesteinä. Varsinaisessa kaukokäyttölaitteessa suoritetaan esimerkiksi näytteenotto, kanavointi, koodaus ja osoitteenmuodostus. Tämän operaation jälkeen muodostettu tieto muunnetaan siirtoon sopivaksi, jonka jälkeen se siirretään edelleen siirtotien välityksellä valvomoon, jossa tieto vielä puretaan ja tarkistetaan. Tämän jälkeen tiedot ovat nähtävissä valvomosta käsin. Ohjaustoiminto muodostuu samalla tavalla, erona se että tieto kulkee valvomosta prosessin suuntaan. /5/

5.1.1. Siirrettävä tieto

Tieto siirretään siirtotien välityksellä. Siirtoteiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat siirtonopeus, kaistanleveys, kulku-aika sekä siirtomenetelmä. /5/

Analogiset tiedonsiirtojärjestelmät eivät anna mahdollisuutta korjata tai ilmaista virheitä, joita esiintyy tiedonsiirrossa. Syynä tähän on se, että nykyään käytetään digitaalisia tiedonsiirtomenetelmiä sekä ala- ja keskusasemien välisessä että niiden keskinäisessä viestiliikenteessä. /5/

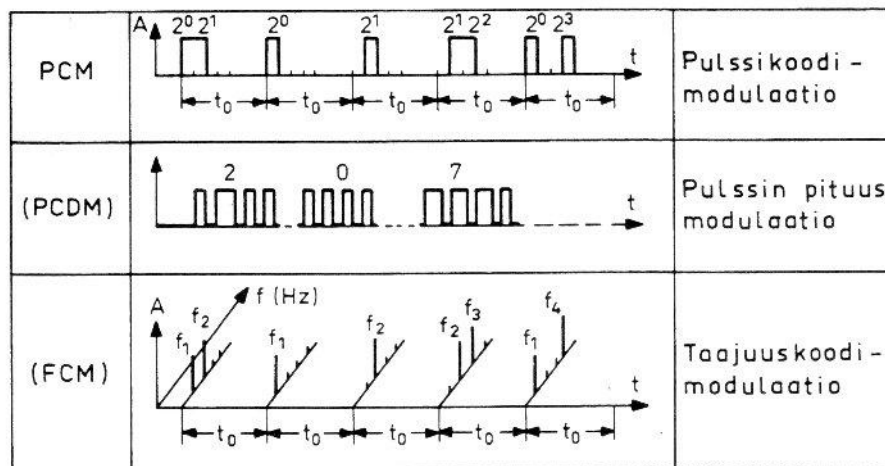
Analoginen mittaussignaali siirretään digitaalisessa tiedonsiirtokanavassa, tämän vuoksi se on muunnettava diskreettiin muotoon. Analogisesta signaalista otetaan näytteitä, jotka muunnetaan digitaaliseen muotoon ja lähetetään koodattuna eteenpäin. Muunnetussa signaalissa voi esiintyä virheitä, joiden suuruus riippuu käytettyjen bittien määrästä. Kuvassa 31 on esitetty bittimäärä, joka on 7 ja tarkkuus on $\geq 0,5 \cdot 100 \% / 27 \approx 0,4 \%$ /5/



Kuva 31. Analogisen signaalin muuntaminen, koodaus, modulointi pulssikoodimodulaatiolla (PCM) /5/

Saatuun binäärikoodiin lisätään yleensä tarkkuusbittejä virheiden havaitsemiseksi. Jotta tiedot voitaisiin vielä siirtää oikeaan paikkaan, tarvitaan siihen datan ja tarkistusbittien lisäksi osoite- ja ohjausosa. Ohjausosa määrittelee liikkeen suunnan. /5/

Digitaalisella modulaatiolla koodattu tieto sovitetaan tiedonsiirtoväylään käyttämällä sopivia pulssikanavia. Pulssikanavassa tapahtuu muunto, missä tasavirtakoodi muunnetaan äänitaajuiseksi signaaliksi. Taajuusmodulaatio (FM) tai amplitudimodulaatio ovat yleisimpiä modulaatiotapoja. Kuvassa 32 on esitetty erilaisia modulointitapoja. /5/



Kuva 32. Digitaalisen informaation modulointimenetelmä /5/

Digitaalisen tiedon siirtoon voidaan myös modeemeja. Niiden käyttö on lisääntynyt viimevuosikymmeninä tietoliikenteen nopeuksien kasvaessa. /5/

5.1.2. Ala- keskusasemaliittymät

Laitospuolen jännitteet ovat yleensä 60 V tai suurempia, kun taas kaukokäyttökojeiden puolella elektroniikan käyttöjännitteet ovat 24 V tai pienempiä. Tärkeimpiä tehtäviä alasemilla olevien tulo- ja lähtöliityntöjen tehtävistä on prosessisignaalien tasosovitus kaukokäyttökojeeseen nähden. Häiriönsuodatus sekä galvaaninen erotus prosessipiireistä on myös tärkeä tehtävä. /5/

Tulo- ja lähtöliitäntäyksiköt kytketään sähköasemien laitteisiin mitta-arvomuuntimien, välireleiden ja erityyppisten antureiden välityksellä. Optista erotusta käytetään välireleiden kanssa, minkä tavoitteena on lisätä kaukokäyttölaitteiden jännitekestoisuutta ja häiriöiden sietokykyä. Ala-aseman kaukokäyttökojeen keskuslaitteiston tehtävänä on siirtää tiedot

oikeassa järjestyksessä siirtolaitteistolle ja sovittaa tiedonsiirtonopeus siirtotien nopeuteen. Keskusasemalla keskuslaitteiston tehtäviin kuuluu valvoa sanoman oikeellisuutta ja kytkeä tiedot oikeisiin lähtöliitännäyksiköihin. Jos tiedonsiirrossa havaitaan virhe, signaalin pääsy lähtöliitännään estetään. Tästä seuraa virheilmoitus ja toistopyyntö. /5/

5.2. Sähköverkon käytönvalvonta

Kantaverkon sähkövalvonnan tehtäviin kuuluu sähköntuotannon, -siirron ja -kulutuksen valvonta sekä ohjaus, suunnittelu ja jälkiselvittely. Tavoitteena on, että sähköntoimitus tapahtuu luotettavasti ja eri mahdollisuudet käytetään taloudellisesti hyväksi. Käytönvalvontajärjestelmällä pyritään saamaan riittävä käyttövarmuus ja taloudellinen käyttö. /5/

Käytönvalvonnan tavoitteiden tarkempaa määrittelyä varten käyttö voidaan jakaa eri ryhmiin. Tarkasteltaessa käyttövarmuuden ja sähköntoimituksen luotettavuuden suhteen, ryhmiä on neljä:

- Normaalitila: Kuluttajien sähkönsaanti on turvattu ja tuotannossa ja siirrossa varaa todennäköisenä pidettäviä vikoja varten.
- Hälytystila: Sähkön toimitus jatkuu, mutta todennäköisenä pidettävien vikojen varaa ei ole.
- Häiriötila: Sähkön toimitus keskeytyy ja/tai käytölle asetettuja rajoituksia rikotaan.
- Palautustila: Häiriötilan laajeneminen on saatu rajoitetuksi, mutta sähkön toimitus saattaa olla vaarassa.

Käytön taloudellisuuden kannalta tiloja on kaksi, taloudellinen ja epätaloudellinen. /5/

Valvonta

Tavoitteena on riittävän yksityiskohtaisen kuvan saaminen käyttötilanteista siten, että hälytys- ja häiriötilat ja epätaloudellinen tila voidaan havaita ilman suurempaa viivettä. Käytettävissä on oltava riittävän paljon tietoa, jotta tilanteita voidaan analysoida. /5/

Ohjaus

Tavoitteena on käytön pitäminen normaalitilassa taloudellisuus huomioiden. Tarvittaessa täytyy käyttö palauttaa nopeasti hälytystilasta normaalitilaan ja estää häiriötilan leviäminen sekä pitää sähköntoimituksen keskeytykset mahdollisimman vähäisinä. Usein tapahtuvat ja tärkeät ohjaukset on voitava suorittaa päivystetyistä paikoista. Käytössä on oltava riittävän monipuolinen automatiikka. /5/

Suunnittelu

Tavoitteena on käytön lyhyen ajan suunnittelu käytön pitkän tähtäyksen suunnittelun lähtökohdista siten, että käyttö voidaan toteuttaa erilaiset rajoitukset huomioiden taloudellisella tavalla. Tavoitteena on myös ennakoida häiriötilanteet ja välttämään ne mahdollisuuksien mukaan. Suunnittelujärjestelmän tulee olla helppokäyttöinen, nopea ja ajan tasalla oleva. /5/

Jälkiselvittely

Tavoitteena on käytön normaalitilan ja häiriötilojen raportointi siten, että tieto saadaan nopeasti sitä tarvitseville. Tiedot on tallennettava siten, että ne ovat saatavilla helposti erilaisia käyttöyhteenvetoja ja analysointeja varten /5/

5.3. Relesuojaus

Relesuojauksessa tarkoituksena on varustaa sähköenergian siirto- ja jakeluverkot sopivalla suojausjärjestelmällä, joka ohjaa vian läheisyydessä olevan katkaisijan auki. Vikatilanteissa rele antaa ohjausimpulssin katkaisijalle. Lisäksi releitä voidaan käyttää merkinantoon ja hälytyksiin. /5/

Suojareleet voidaan liittää päävirtapiiriin, tällöin puhutaan ensioreleistä. Ensiorele ratkaisuja käytetään joskus esim. keskijänniteverkossa oikosulkusuojina. Yleisempi käyttötapa on kuitenkin liittää suojarele mittamuuntajan välityksellä virtapiiriin, tällöin puhutaan toisioreleistä. Relesuojauksen on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- Sen on toimittava selektiivisesti, että mahdollisimman pieni osa verkosta pois käytöstä vian vuoksi.
- Sen on toimittava nopeasti siten, että häiriön aiheuttamat vahingot jäävät mahdollisimman pieniksi.
- Sen on suojattava koko järjestelmää.
- Sen on oltava yksinkertainen ja käyttövarma.
- Se on voitava koestaa käytön aikana.

Tärkeille suojauskohteille on järjestettävä käyttövarmuussyistä kaksi erillistä suojarelejärjestelmää. /5/

Oikosulkusuojaus on järjestettävä laukaisevaksi. Maasulkusuojaus voi olla maadoitusjännitteestä riippuen joko hälyttävä tai laukaiseva. Suurjännitteillä pyritään suojaus toteuttamaan nimenomaan laukaisevana. Nopealla maasulkusuojauksella pyritään pitämään kaksoismaasulkujen synty riittävän pienenä. Kaksoismaasulut merkitsevät aina vakavaa vaarajännitetilannetta. /5/

Toteutus relesuojauksessa riippuu suojattavasta kohteesta ja sen tärkeydestä, verkon maadoitustavasta ja verkon rakenteesta. Verkon maadoitustapa vaikuttaa relesuojauksen kannalta lähinnä maasulkuvirtojen suuruuteen. Maasta erotettua tai sammutettu

järjestelmää käytetään lähinnä keskijänniteverkossa. Kapasitiivinen maasulkuvirta on maasulkusuojauksen teknistaloudellisten vaikeuksien lisäksi toinen syy siihen, ettei laajoja 110 kV verkkoja voi käyttää sammutettuna tai maasta erotettuna, koska maasulkuvirran suuruus riippuu maakapasitanssista ja tätä kautta galvaanisesti yhteen kytketyn verkon pituudesta. Maasulkuvirta kasvavat 110 kV verkossa helposti suuremmaksi kuin valokaaren itsestään sammumisen rajavirta, jolloin maadoitustapojen edut menetetään lähes kokonaan. /5/

5.3.1. Toimintaperiaate ja rakenne

Kun suojareleeseen asetettu arvo toimintatarkoituksesta riippuen ylittyy tai alittuu, suojarele havahtuu. Tietynajan kuluessa rele antaa katkaisijalle toimintakäskyn. Rele koostuu siten normaalisti havahtumiselimestä, mittaelimestä ja aikaelimestä, joskus tarvitaan myös ns. suuntaelin. Suuntaelimellä voidaan määrittää esim. tehon virtaussuunta. /5/

Teknisen toteutuksen perusteella on olemassa sähkömekaanisia suojareleitä ja elektronisia suojareleitä. Sähkömekaaniset releet sisältävät nimensä mukaan liikkuvia osia. Staattisissa eli elektronisissa releissä käytetään sekä yksittäisiä puolijohdekomponentteja että mikropiirejä sisältäviä kytkentöjä. Elektroniset releet pystyvät monipuoliseen tiedon käsittelyyn ja toteuttamaan monia sellaisia vikakriteerejä, jotka olisivat sähkömekaanisille releille liian vaikeita toteuttaa. Hyviä puolia elektronisissa releissä on pieni koko, toiminta-ajat, toiminta-arvojen tarkkuus, vähäinen huollon tarve ja itse valvonta. Haittapuolia ovat herkkyys ylijännitteille ja sähkömagneettisille häiriöille. /5/

5.3.2. Tärkeimmät suojareleet

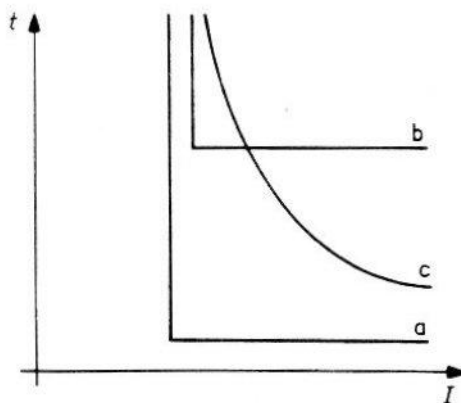
Mittatavan kohteen mukaan releet voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- ylivirtareleet

- ali- ja ylijännitereleet
- taajuusreleet
- tehoreleet
- epäsymmetriareleet
- vertoreleet
- ali-impedanssireleet.

Ylivirtarele

Oikosulkusuojina toimivat hetkelliset ylivirtareleet, vakioaikaylivirtareleet ja käänteisaikaylivirtareleet. Ylikuormitussuojina toimivat ylikuormitusreleet eli lämpöreleet. Kuvassa 33 on esitetty eri oikosulkusuojien virta-aikakäyrien periaate. /5/



Kuva 33. Ylivirtareleiden toimintakäyriä /5/

Ylivirtareleissä tärkein suure on mittauspisteen kautta kulkeva virta. Hetkellisessä ylivirtareleessä ei releen toimintaa ole tarkoituksellisesti hidastettu. Vakioaikaylivirtareleissä voi itse määrittää ajan, joka kuluu havahtumisesta laukaisuun. Lisäksi näillä releillä voidaan asettaa tietty virta-arvo, jonka ylitettyä rele toimii hetkellisesti. Käänteisaikaylivirtareleissä laukaisuaika määräytyy virran perusteella tietyn asettelun mukaan. /5/

Jänniterele

Jänniterele toimii tietyn jännitteen ylittyessä tai alittuessa releelle asetetun arvon. Alijännitereleitä käytetään yleensä moottorin ohjauksissa sekä vaihto- ja tasajännitteiden valvontaan. Ylivirtareleitä käytetään monesti tahtigeneraattoreiden yhteydessä vaarallisen jännitenousun varalta. Ylijännitereleitä käytetään myös maasulun nollajännitemittauksiin. /5/

Taajuusrele

Releen toimimisen aiheuttaa verkossa oleva poikkeava taajuus. Alitaajuusrelettä käytetään erityisesti tehonvajaussuojauksessa, jotta saadaan irtikytkettyä kuormat. Ylitaajuusrelettä käytetään generaattorien yhteydessä. /5/

Tehorele

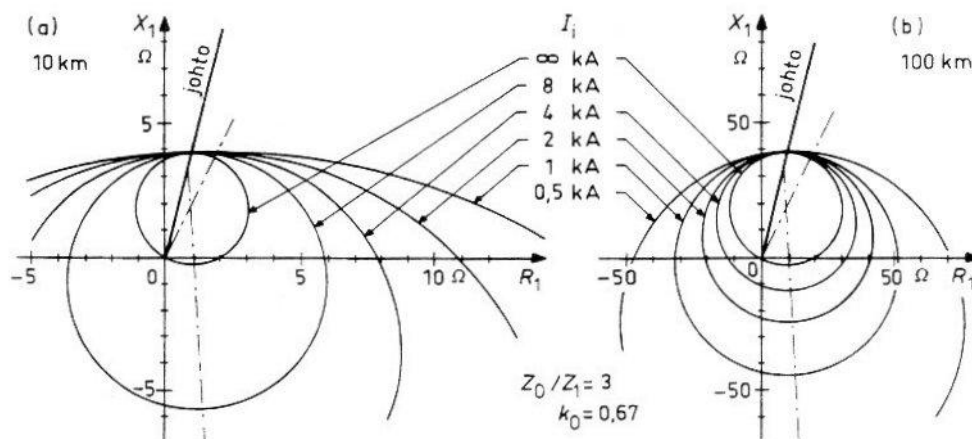
Vaikuttavana suureena tehoreleissä on pätö-, lois-, tai näennäisteho. Sitä käytetään tehon suuruudesta ja virtaussuunnasta riippuvien kytkentöjen automaattiseen suorittamiseen. Suuntarelenimitystä käytetään tehoreleestä, jonka tarkoituksena on vain tehon virtaussuunnan ilmaiseminen. Suunnan määrittäminen voi perustua pelkästään loistehon seurantaan. Maasta erotetun verkon maasulkua paikallistettaessa käytetään suuntarelettä, joka tarkkailee loistehoa. /5/

Epäsymmetriarele

Tällaisia releitä käytetään moottorien suojauksessa, jotta saadaan estettyä roottorille vaaralliset virta- ja jännite-epäsymmetriat. Toiminta releissä perustuu erikoiskytkentöihin, joilla kolmivaiheverkon virroista tai jännitteistä pelkistetään vastakomponentti erilleen. /5/

Distanssirele

Distanssirele mittaa vikapaikan ja releen välistä impedanssia sijoituspaikalla esiintyvien jännitteiden ja virtojen avulla. Tämän vuoksi rele voi määrittää etäisyyden vikapaikkaan. Rele toimii kun mitattavasta kohteesta impedanssin asetteluarvo alittuu. /5/



Kuva 34. Distanssireleen ominaiskäyrä /5/

Vikapaikka määräytyy releen mittaamasta impedanssista, mitä pienempi impedanssi on, sitä lähempänä sijaitsee vika. Kuvassa 34 on esitetty malli distanssireleen ominaiskäyrästä. /5/

5.3.3. Erottimien lukitusjärjestelmä

Erotin on voitava lukita sekä auki- että kiinniasentoon siten, että erottimen vaaraa aiheuttava käyttö on estetty. Tavallisia erottimia ei ole tarkoitettu kuormitettujen virtapiirien avaamiseen ja sulkemiseen. Tavallisesti erotin on lukittu siten, että sitä ei pysty ohjaamaan, jos samassa piirissä oleva katkaisija on suljettu. /5/

Erottimien lukitusjärjestelmät ovat mekaanisia, sähkömekaanisia ja/tai elektronisia. Mekaanista lukitusta käytetään esim. lukittaessa johdon maadoituserotin johtoerottimeen tai vaunukatkaisijalla varustetun vaunun liike katkaisijan asentoon. Sähkömekaaniset

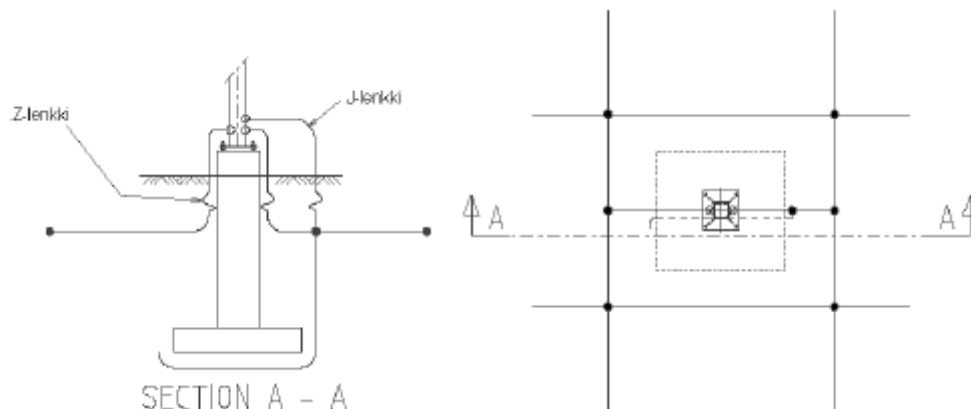
lukitukset ovat toteutettu yleensä siten, että lukitusmagneetti antaa luvan erottimen ohjauksen lukitusvirtapiirin ollessa suljettu. Tästä johtuen lukitusehtopiirin katkeamisesta voi seurata vain ohjauksenesto, mutta ei virheohjausta. Sähkömekaanisen lukituksen hyvä puoli on se, ettei se ole herkkä ulkopuolisille häiriöille. Ongelmana sähkömekaanisessa lukituksessa ovat mutkikkaat ketjutukset, joissa käytetään useampaa kiskostoa. Tästä ongelmasta on päästy mikroprosessoripohjaisen ja muiden ohjelmoitavien logiikoiden avulla. /5/

6. MAADOITUKSET

Maadoittamisella tarkoitetaan virtapiiriin kuuluvan osan tai sähkölaitteen johtavan osan yhdistämistä maahan. Yhdistäminen tapahtuu maadoitusjohtimen avulla, joka yhdistetään maadoituselektrodiin. /6/

6.1. Perustukset ja teräsrakenteet

Sähköaseman kojeiden teräsrakenteet yhdistetään maadoitusverkkoon maadoitusjohtimilla. Maadoitusjohtimiin jätetään 100 mm:n lenkki, eli ns. Z-lenkki. Lenkki tehdään maanpinnan alapuolelle noin 0,1-0,3 metrin syvyyteen, tämän avulla voidaan estää johtimen vahingoittuminen maan routimisen aikana. Malli Z-lenkistä on esitetty kuvassa 35. /6/



Kuva 35. Maadoitusjohtimien liittäminen rakenteisiin ja maadoitusverkkoon /6/

Maadoitusjohtimet kiinnitetään terästelaineisiin yleensä kahdesta kohdasta, telineen kummaltakin puolelta. Johtimien toiset päät liitetään maadoitusverkkoon kuvan 35 esittämällä tavalla. Johdinten paksuus täytyy olla vähintään puolet maadoituselektrodin poikkipinta-alasta. Tällöin johtimien yhteen laskettu poikkipinta-ala on yhtä suuri kuin maadoituselektrodin. /6/

Kentällä sijaitsevien kojeiden, kuten katkaisijan ja erottimen betoniperustuksen alle asennetaan 25 mm² kuparijohdin, josta käytetään nimitystä J-lenkki. J-lenkillä pystytään parantamaan maadoitusta sekä saadaan ohjattua vikavirta betoniperustuksen ohi. Malli J-lenkistä on esitetty kuvassa 35. /6/

6.2. Katkaisijat, erottimet ja mittamuuntajat

Kojeet maadoitetaan kaapeleiden mukana tulevalla 25 mm² kuparijohtimella, joka liitetään ohjaimen maadoitusliittimeen. Kuvassa 36 näkyy kuinka maadoitusjohdin on viety erottimen ohjaimelle. /6/



Kuva 36. Erottimen ja mittamuuntajan maadoitus /6/

Mittamuuntajille, kuten jännite- ja virtamuuntajille lisätään varmistava 25 mm² kuparijohdin telineen yläpään ja maadoituselektrodin välille. Kuvassa 36 on esitetty esimerkki mittamuuntajaan lisäystä maadoitusjohtimesta. /6/

6.3. Ylijännitesuoja ja tukieristimet

Ylijännitesuojat voidaan asentaa eristysjaloille, jos sille esiintyy tarvetta esim. kunnonvalvonnan suhteen. Johdin on yhdistetty maadoitusruudukkoon. Kuvassa 37 on esitetty ylijännitesuojan maadoittamisesta esimerkki. /6/



Kuva 37. Esimerkki ylijännitesuojan maadoituksesta /6/

Kuvassa 37 on esimerkki ylijännitesuojan telineeseen asennetusta laskurista. Laskuri sijaitsee 1,5 m korkeudella maanpinnasta. Johtimen alapää on liitetty maadoitusverkkoon. Tukieristimille ei tehdä ylimääräisiä maadoituksia, paitsi reaktorilaitoksen alueella oleville tukieristimille. /6/

7. KELUKOSKEN KYTKINKENTÄN KUVAUS

Kemijoki Oy:n Kelukosken kytkinkenttä sijaitsee Sodankylästä pohjoiseen päin noin 5 km, Meltaus – Vajukoski linjan Kokkosnivan haaralla. Kytinkenttä on suhteellisen lähellä valtatie 4:ää. Kenttä on rakennettu 80- luvun loppupuolella ja on kooltaan melko pieni. Kytinkentällä on seuraavat komponentit:

- katkaisija
- erottimet
- virta- ja jännitemuuntajat
- tukieristimet

Jälkeenpäin sinne on myös lisätty ylijännitesuojat. Kytinkentän aitaus on 30,5m x 19m x 2,5m. Aitaus on määräysten mukainen ja turvaetäisyydet toteutuvat. /8/

Kentän maadoitus kuuluu samaan verkkoon Kelukosken vesivoimalaitoksen kanssa, eli kyseessä on laaja maadoitusverkko. Noin 100 metrin päässä kentästä sijaitsee rakennus, jossa on RT1- ja tasajännitekeskus. /8/

7.1. Kytinkentän nykyinen kunto

Kytinkentällä oli 50- luvun loppupuolelta oleva Laur Knudsen -merkkinen katkaisija, erottimet olivat samaa vuosikertaa. Jännitemuuntajat olivat vuodelta 1989 ja virtamuuntajat vuodelta 1993, näitä voitiin vielä käyttää hyödyksi kentän saneerauksessa. Tukieristimet olivat sen verran huonossa kunnossa, joten ne olivat uusittava. Tukieristimien posliini osat olivat halkeilleet ajan saatossa. Kuvassa 38 näkyy vioittunut tukieristin. /8/



Kuva 38. Viallinen tukieristin

Telineet kentällä olivat kuumasinkittyä terästä ja ne olivat hyvässä kunnossa. Työssä perustukset ja telineet käytetään hyödyksi mahdollisimman tehokkaasti. Telineitä voidaan korottaa tarvittaessa. /8/

7.2. Kytkinkentän maadoitus

Kytkinkentän maadoitus kuuluu samaan verkkoon Kelukosken vesivoimalaitoksen kanssa. Tällaista kutsutaan laaja maadoitusjärjestelmäksi. /8/

Laaja maadoitusjärjestelmä on verkkomainen maadoitusjärjestelmä, tällaisessa järjestelmässä kaikkien maadoitusten maadoituselektrodit jännitetasosta riippumatta on kytketty maadoitusjohtimilla toisiinsa. Toiminnan varmistamiseksi jokaiseen maadoitukseen vaaditaan useampi kuin yksi maadoitusjohdin, jotta verkkomainen rakenne muodostuu ja säilyy verkon muutoksissa. Näin saadaan aikaan maadoitusverkolle alhainen impedanssi, vikavirtojen virranjako ja alhaiset askel- ja kosketusjännitteet. /9/

Laajasta maadoitusjärjestelmästä hyvä esimerkki on taajamien ja teollisuusalueiden ruutukaavamaiset maadoitusverkot, joissa maasulkuvirralla on useita lyhyitä reittejä

virralle. On myös huomioitavaa se, että jos jokin maadoitusjohdin tai -elektrodi poistetaan tai poistuu käytöstä, ei maadoitusjärjestelmän toiminta tästä vaarannu. Laaja maadoitusjärjestelmä vaatii siis useita verkon kannalta lähekkäin olevia standardien mukaisia maadoituksia toisiinsa maadoitusjohtimilla yhdistettyinä. /9/

Maadoitusmittarilla ei voida mitata laajoja maadoituksia luotettavasti, koska mittausta varten tarvitaan erittäin pitkät apuelektrodietäisyydet ja tällöin tulee vastaan rajoitettu teho. Niin sanotussa V-A-mittausmenetelmässä nämä haitat on poistettu. Mittaus tehdään syöttämällä 10–50 A:n virta maadoituksen läpi. Mittauksen apuna käytetään riittävän kaukana sijaitsevaa aseman maadoitusta ja asemien välistä johdinta. /4/

7.3. Standardeista

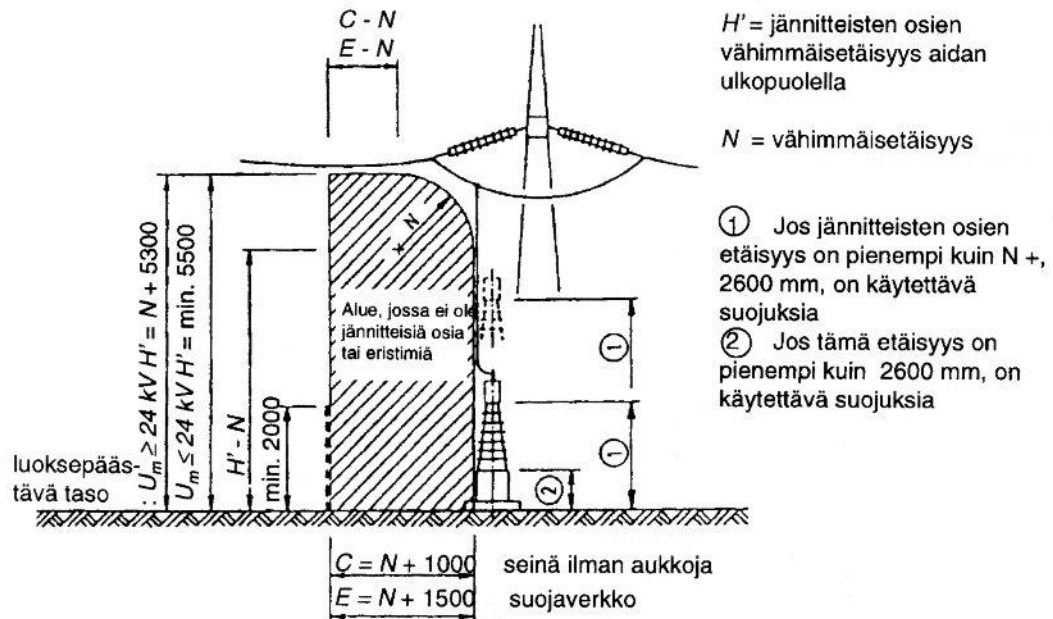
Standardi SFS 6001 koskee uudenrakennusta, kuin myös olemassa olevien asennusten korjaus-, muutos- ja laajennustöitä. Tässä luvussa on tarkoitus käydä läpi määräyksiä, jotka koskevat 110 kV:n ulkokentän saneerausta.

Periaatteena on, että uudet asennukset tehdään standardin SFS 6001 mukaisesti. Esimerkiksi jos asennusta laajennetaan asentamalla uusia kojeistoja, tai asennus uusitaan kokonaan, ne tehdään standardin SFS 6001 mukaisesti. Asennukset osat joihin työ ei kohdistu, voidaan jättää aikaisempien vaatimusten mukaisiksi, ellei siitä aiheudu välitöntä vaaraa. /10/

7.3.1. Aitaus

Asiaton pääsy ulos asennettaville kohteille on estettävä aitaamalla sähköasennus. Aidan rakenne ja korkeus tulee olla sellainen, että se estää aidalla kiipeilyn. Verkkoaitaa käytettäessä reiän pituus saa olla enintään 50 mm. Aidassa esiintyvien rakenteisiin kuuluvien rakojen leveys saa olla enintään 30mm. /10/

Aidan korkeus on oltava vähintään 2000 mm ja alempi reuna ei saa olla yli 50 mm maanpinnasta. Aidanportin kohdalla alareunan etäisyys maanpinnasta saa kuitenkin olla enintään 100 mm. Kulkuovet asennusalueelle on varustettava avaimella toimivalla lukolla. Jännitteisten osien minimietäisyydet verkkoaidasta on $E=N+1500$ mm. Kuvassa 39 on esitetty etäisyydet aidasta. /10/



Kuva 39. Etäisyydet aidasta ja vähimmäiskorkeus ulkopuolisen aidan luona /10/

Aidat on varustettava sähkön vaarallisuudesta varoittavilla merkeillä. Varoitusmerkkeinä käytetään kolmiomaista sähkön vaarallisuudesta varoittavaa kilpeä. Kilpien on täytettävä niille asetetut vaatimukset, jotka ovat esitetty valtioneuvoston päätöksessä (976/1994). /10/

7.3.2. Suojaetäisyydet

Asennuksen rakenteen on oltava sellainen, että vaara-alueelle pääsyä rajoitetaan, ottaen huomioon käyttöön ja kunnossapitoon sallittavat kulkureitit. Tätä varten on käytettävä ulkopuolisia aitauksia ja paikoissa, joissa turvaetäisyyksiä ei voida ylläpitää, on tällöin käytettävä kiinteitä suojuksia. /10/

Aidatun alueen sisäpuolella olevissa avoimissa ulkoasennuksissa kosketussuojaamattomien paljaiden jännitteisten osien etäisyys maasta täytyy olla vähintään $N+2600$ mm, vähintään kuitenkin 2800 mm. Eristimen alimman eristävän osan on oltava suojaamattomana vähintään 2600 mm päästä maasta. Taulukossa 3 on esitetty N -arvot. /10/

Taulukko 3. Ilmavälit standardin EN 60071-1 mukaisella jännitealueella /10/

Järjestelmän nimellijännite U_n (teholisarvo)	Laitteen suurin käyttöjännite U_m (teholisarvo)	Koejännite (kestotaso) vaihtojännitteellä 1min. (teholisarvo)	Koejännite (kestotaso) salamasyöksy- jännitteellä 1,2/50 μ s (huippuarvo)	Pienin vaiheen ja maan ja vaiheiden välinen etäisyys (N)	
				sisäasennukset mm	ulkoasennukset mm
3	3,6	10	20 40	60 60	120 120
6	7,2	20	40 60	60 90	120 120
10	12	28	60 75	90 120	150 150
15 ¹⁾	17,5	38	75 95	120 160	160 160
20	24	50	95 125	160 220	
30	36	70	145 170	270 320	
36 ⁶⁾	41,5	80	170 200	320 360	
45 ¹⁾	52	95	250	480	
66 ²⁾	72,5	140	325	630	
70 ⁶⁾	82,5	150	380	750	
110³⁾	123	185⁴⁾ 230	450 550	900 1100	
132	145	185 ⁴⁾ 230 275	450 550 650	900 1100 1300	
150 ¹⁾	170	230 ⁴⁾ 275 325	550 650 750	1100 1300 1500	
220	245⁵⁾	325 ⁴⁾ 360 395 460	750 850 950 1050	1500 1700 1900 2100	

¹⁾ Näitä nimellijännitteitä ei suositella käytettäväksi rakennettaessa uusia järjestelmiä.
²⁾ Jännitteelle $U_n = 60$ kV suositellaan jännitteelle $U_n = 66$ kV annettuja arvoja.
³⁾ Jännitteille $U_n = 90$ kV / $U_m = 100$ kV suositellaan kestävyystasojen ja ilmavälien alempia arvoja.
⁴⁾ Tämän rivin kestävyystasoja ja ilmavälisarvoja suositellaan käytettäväksi vain harvoissa erikoistapauksissa.
⁵⁾ Standardissa EN 60071-1 esitetään viides (vielä alempi) taso jännitteelle 245 kV.
⁶⁾ Tämä jännitetaso ei sisälly standardiin EN 60071-1.

8. UUSIEN KOJEIDEN VALINTA

Kytinkentälle tulevat kojeet määräytyivät kentällä esiintyvien virtojen mukaan. Suurin kentällä esiintyvä oikosulkuvirta on 6 kA erään ennusteen mukaan. Tarkemmat laskelmat arvoista on esitetty liitteessä 6. Lisäksi laitevalinnoissa oli otettava huomioon Kemijoki Oy:n toivomukset, jotka selvitettiin haastattelujen perusteella.

Telineiden korkeus kytkinkentällä oli 2,6 m. Kentällä käydessäni huomasin kojeiden olevan melko matalalla ja talvisin lumipeite lyhentää entisestään etäisyyttä maahan. Uusi korkeus telineille on 3,0 m.

8.1. Katkaisijan valinta

Katkaisijan valintaan vaikuttivat varaosien saatavuus. Yhtenä vaihtoehtona työssä oli Areva -merkinen katkaisija, mutta varaosien saatavuus oli esteenä tämän katkaisijan valitsemiselle.

Katkaisijan valintaan vaikuttavat tekijät olivat:

- pakkaskestoisuus (-50°C)
- varaosien saatavuus
- apujännite 220 VDC
- paikalla esiintyvät virrat.

Lopulta katkaisijan valinnassa päädyttiin AAB LTB 145D1/B SF₆-katkaisijaan. Katkaisija täytti yllä mainitut vaatimukset.

8.1.1. Vanha katkaisija

Vanhakatkasija oli valmistettu 50- luvun loppupuolella. Katkaisija oli siirretty kytinkentälle, kun se rakennettiin. Taulukossa 4 näkyy katkaisijan oleelliset tiedot. /8/

Taulukko 4. Vanhan katkaisijan tekniset tiedot

Merkki/Malli	Nimellisvirta I_n [A]	Nimellisteho [MVA]	Nimellisjännite U_n [kV]
Laur. Knudsen mrp 132	1000	3000	123

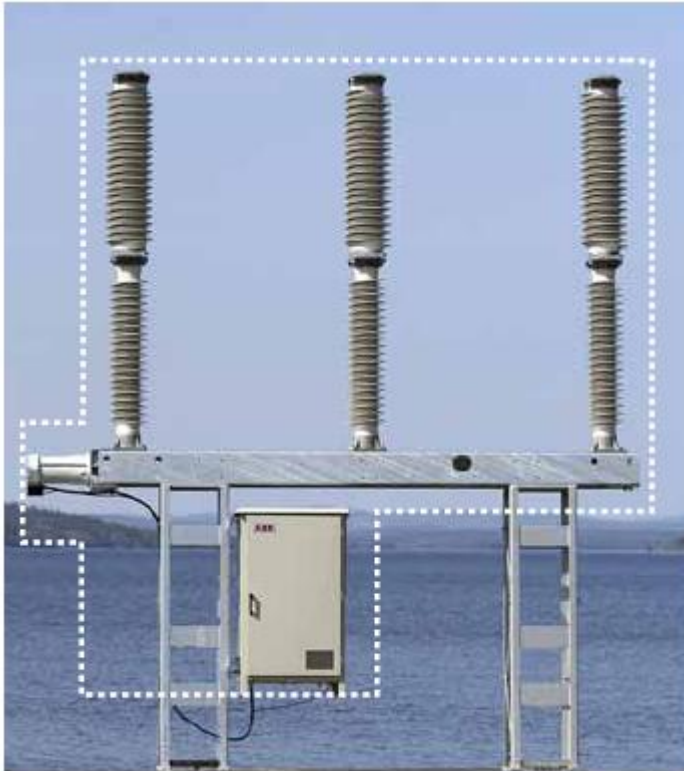
8.1.2. Uusi katkaisija

Taulukossa 5 näkyy hieman tietoja uudesta katkaisijasta. Tekniset tiedot katkaisijasta on esitetty liitteessä 7. Katkaisijaan tuli moottoriohjaus (Motor Drive), sillä se käy vielä tälle jännitealueelle.

Taulukko 5. Uuden katkaisijan tekniset tiedot

Merkki/Malli	Nimellisvirta I_n [kA]	I_k katkaisukyky [kA]	Nimellisjännite U_n [kV]
ABB LTB 145D1/B	3,15	31,5	145

Kuvassa 40 on esitetty kuva kytinkentälle tulevasta katkaisijasta. Tällaisessa ohjauksessa ei ole kuin yksi liikkuva osa, moottorin päässä kiinni oleva pyörivä vipu, joka ohjaa katkaisu tapahtumaa.



Kuva 40. Katkaisija moottoriohjauksella

Kuvassa 40 vasemmassa pystypalkissa on kiinni katkaisijan ohjauskotelo. Itse moottori on poikittaispalkin vasemmassa päässä.

8.2. Erottimien valinta

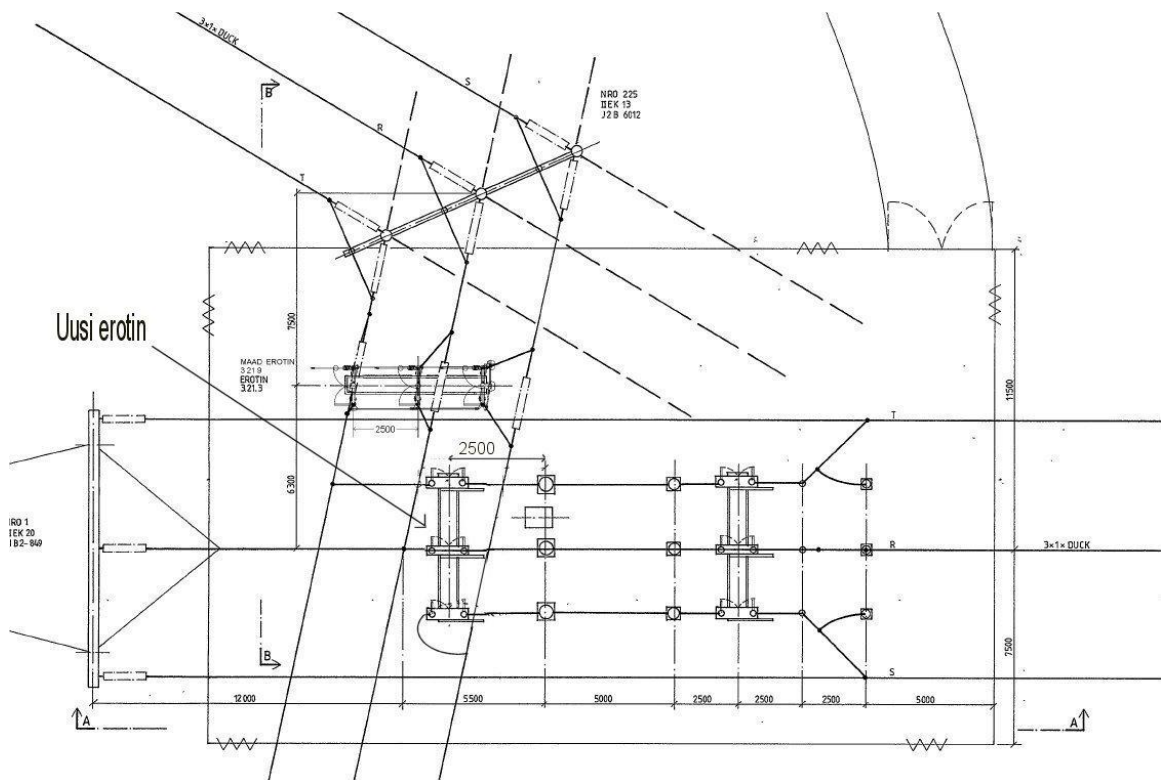
Erottimet oli myös uusittava kytkinkentälle. Lisäksi oli suunniteltava kokonaan uusi erotin ensimmäisten tukieristimien tilalle. Uuden erottimen tarkoitus on, että saadaan katkaisija jännitteettömäksi, ja että katkaisijaa voidaan turvallisesti huoltaa.

Uudet erottimet ovat ABB NSA 123/1600 varustettuna SM 800 ohjaimella. Erottimet varustetaan maadoitusveitsillä. Tarkemmat tekniset tiedot erottimesta on esitetty liitteessä 8.

Taulukko 6. Erottimen tiedot

Merkki	Nimellisvirta I_n [kA]	I_k kestoisuus [kA]	Nimellisjännite U_n [kV]
ABB NSA 123/1600	2	40	123

Ehdotus uuden erottimen sijainnille on esitetty kuvassa 41. Erottimen etäisyys katkaisijasta 2,5 m ja etäisyys kuvan yläpuolella olevasta erottimesta noin 3,5 m. Tarkempi kuva on esitetty sijoituspiirustuksessa. Sijoituspiirustus on esitetty liitteessä 2.

**Kuva 41. Uuden erottimen sijainti**

Purettavien tukieristimien perustukset käytetään hyödyksi erotintelineitä rakennettaessa, edellyttäen että perustukset ovat käyttökelpoisia. Tukieristimet sijaitsivat uuden erottimen kohdalla.

8.3. Suojaus ja suojareleet

Suojareleet oli uusittava kohteeseen, sillä ne olivat jo sen verran vanhoja. Suojauksessa pysyttiin alustavasti samassa kuin se alun perinkin oli, eli suojauksia kentälle ei lisätty. Kuvassa 42 on esitetty maasulunsuuntarele ja ylivirtareleet.



Kuva 42. Vanhat suojareleet

Uusi suojarele on ns. yhdistelmärelle, eli siinä on yhdistetty ylivirta- ja maasulkusuojaus. Releen tekninen selostus on esitetty liitteessä 9. Rele on ABB:n valmistama ja malli on SPAJ 141 C.

8.4. Ympäristöön liittyvät asiat

Kemikaaliriski kytkinlaitoksilla muodostuu kytkinlaitteiden öljystä. Kytkinlaitteiden öljymäärä on noin sata litraa/asema. Sähköasemilla, joissa on muuntajia käytössä, öljymäärä on huomattavasti suurempi, noin 100–180 tonnia/asema. /2/

Ilmaston lämpeneminen on ollut tapetilla viime vuosina. Vesihöyryn ohella tärkeänä syynä ilmaston lämpenemiseen pidetään ihmisen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä, jotka eivät pysty sisältämään luonnonmukaiseen hiilen kiertokulkuun. /2/

SF₆ on ihmisen luoma synteettinen kaasu, se kuuluu myös kasvihuonekaasuihin. Suurjännitetekniikan kannalta SF₆ on erittäin tärkeä kaasu sekä eristeenä että valokaarensammutuskaasuna. Vaikka SF₆:n käyttömäärät sähköteollisuudessa ovat maailmanlaajuisesti pienet vuotuisiin hiilidioksidipäästöihin verrattuna, on kuitenkin sen ilmakehää lämmittävä vaikutus eli GWP-indeksi (global warming potential) erittäin suuri. SF₆ säilyy jopa 3000 vuotta ilmakehän ylimmissä osissa. Suurjännitetekniikassa SF₆:n käyttöä ei ole kielletty, mutta verkkoyhtiöt ja teollisuus ovat Suomessa jo aikaisemmin sitoutuneet ylläpitämään taselaskentaa. EU vaatii vuosittain valtakunnallisen taseselvityksen. /3/

Purkujätteiden käsittely

Jätteet ovat pääasiassa öljypitoisia jätteitä sekä satunnaisia metallijätteitä. Lisäksi muodostuu jonkin verran erilaista purkujätettä, lähinnä rautaromua ja rakennusjätettä sekä posliiniosia eristimistä ja kentällä sijaitsevista vanhoista kojeista. Ongelmajätteet toimitetaan ongelmajätteen käsittelyluvan omaavaan paikkaan.

Tavanomaiset hyödynnettävät jätteet ovat:

- paperi-, pahvi- ja kartonkijäte
- metalli- ja rautaromu
- ioninvaihtohartsijäte
- rakennusjäte
- betonijäte
- risujäte

Ongelma jätteitä ovat:

- jäteöljyt
- kiinteä öljypitoinen jäte
- akut
- paristot
- loistelamput
- asbestijäte
- maali- ja liimajäte
- liuotinainejätteet
- laboratoriojäte
- elektroniikkaromu

Koneenosien pesuvedet välivarastoidaan ja toimitetaan ongelmajätekeräykseen. /7/

9. KYTKINKENTÄN LAYOUT UUSILLA KOMPONENTEILLA

Kytinkentän kuvat on piirretty AutoCad-ohjelmalla. Kaikki uudet ja päivitettyt kuvat ovat työssä liitteenä.

9.1. AutoCad-ohjelma

AutoCadin on kehittänyt Autodesk Inc. Kaliforniassa. Ensimmäinen versio ilmestyi vuonna 1982.

AutoCad on yleiskäyttöinen Cad-ohjelmisto. AutoCad yleiskäyttöinen piirto-ohjelma, joka soveltuu myös suunnittelu ohjelmaksi. AutoCad on avoimohjelmisto, eli käyttäjät voivat muokata ohjelman toimintoja ja näkymää mieleisekseen.

Yhteen käyttöjärjestelmään keskittymällä on ohjelmasta tehty nopea ja vakaa. Ohjelma hyödyntää Windows-käyttöjärjestelmän ominaisuuksia.

9.2. Kytinkentän kuvat

Työn liitteenä ovat piirretyt- ja päivitettykuvat. Työssä päivitettiin seuraavat kuvat:

- pääkaavio
- leikkaus A-A
- leikkaus B-B
- sijoituspiirustus
- maadoituspiirustus.

10. ASEMA-AUTOMAATIO COM 600

Tässä luvussa selvitetään sähköasemajärjestelmien integrointia, jolloin mm. päästään käsiksi verkon tietoihin WWW-selaimen kautta. Esimerkkinä käytetään ABB:n COM 600-sarjaa.

COM 600-sarjan tuotteilla voi muodostaa erityisjärjestelmän, jolla saadaan aikaan toimiva kokonaisuus sähköasemien suojaus- ja ohjauslaitteiden sekä paikallisen tai ylemmän tason järjestelmien kanssa. Tuotesarja sisältää seuraavat tuotteet:

- paikallisohtausyksikkö COM 605
- tietoliikenneyksikkö COM 610
- ohjaus- ja tietoliikenneyksikkö COM 615

COM 600-sarja sisältää yhdyskäytävätoiminnot. Nämä toiminnot tukevat useita sähköasemalaitteissa yleisesti käytettyjä tiedonsiirtoprotokollia. /1/

Paikallisohtausyksikköä käytetään pääasiassa sovelluksissa WWW-tekniikan yhteydessä. WWW-tekniikalla voidaan hyödyntää perustason paikallis- ja kaukokäyttöominaisuuksia. Suojatun tiedonsiirron johdosta sähköasemien käyttöliittymää voi käyttää Internet tai LAN/WAN-yhteyden kautta. Tietokone voidaan liittää yksikköön, näin päästään käsiksi aseman valvonta- ja ohjaustoimintoihin. /1, s. 2./

Tietoliikenneyksikkö muuntaa signaaleja ja dataa, mitkä kulkevat asemien suojaus- ja ohjauslaitteiden sekä ylemmän tason järjestelmien välillä. Järjestelmien kanssa, jotka käyttävät yleisimpiä isäntäprotokollia, näiden rajapintana toimii yhdyskäytävä. /1/

COM 615 on yhdistelmä paikallisohtaus- sekä tietoliikenneyksiköstä. COM 615 yksikössä on yhdyskäytävätoiminnot, näin saadaan tieto sovitettua ja välitettyä eteenpäin. Lisäksi COM 615 sisältyy ohjaus- ja valvontatoiminnallisuus, joita tarvitaan paikallis- ja kaukokäytössä. /1/

11. YHTEENVETO

Työ oli haastava ja mielenkiintoinen. Työn aikana oppi itsekkin uusia asioita ja sai mielenkiintoista tietoa aiheeseen liittyen.

Työn aloitin käymällä haastatteluissa Sodankylässä sekä Rovaniemellä. Haastattelujen ja kytinkentällä käynnin perusteella aloitin työn suunnittelemisen. Työhön kirjoitin ensin teoriaosion, mikä oli mielestäni hyvä ratkaisu, sillä sain siinä samalla itsekkin tietoa työhön liittyvistä asioista. Toisaalta jos olisin lopuksi vasta koonnut ja kirjoittanut teoriaosuuden, olisi työhön voinut sisällyttää kaikista oleellisimmat asiat ja lähdemateriaalin valinta olisi ollut helpompaa. Viimeisenä päivitin työhön kuvat, osan kuvista pystyi jo tekemään työn alkuvaiheessa.

Jos koulussa olisi ollut jonkinlainen harjoitustyö liittyen suurjännitetekniikkaan, olisi työn hahmottaminen ollut huomattavasti helpompaa. Sinänsä kojeet ja muut laitteet olivat tuttuja. Ongelmiakin työn aikana oli, mutta niistä selvittiin kohtuudella. Työssä kesti arvioitua kauemmin.

Uuden erottimen sijainnin suunnittelu oli haastavaa, mutta mielenkiintoista. Kytinkentän kuvien päivittämisessä oli otettava huomioon käytännön seikkoja, mikä oli mielestäni hyvä asia.

12. LÄHDELUETTELO

- /1/ Asema-automaatit tuotteet COM 600, [WWW-dokumentti],
[[http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/1ec8f5fc4e4e4dbbc12572ca001e2ed2/\\$file/com600-serie_broch_756254_lrfia.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/1ec8f5fc4e4e4dbbc12572ca001e2ed2/$file/com600-serie_broch_756254_lrfia.pdf)] 1.1.2011.
- /2/ Aura, Lauri, Tonteri, Antti J, Sähkölaitostekniikka, 1. painos, WSOY, 1993.
- /3/ Elovaara, Jarmo, Haarla, Liisa, Sähköverkot I, 1. painos, Otatiето, 2011.
- /4/ Elovaara, Jarmo, Haarla, Liisa, Sähköverkot II, 1. painos, Otatiето, 2011.
- /5/ Elovaara, Jarmo, Laiho, Yrjö, Sähkölaitostekniikan perusteet, 6. painos, Otatiето, 2007.
- /6/ Lehtonen, Sakari, Sähköaseman maadoittaminen, [WWW-dokumentti],
[<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2819/Sahkoaseman%20maadoittaminen.pdf?sequence=1>] 1.3.2011.
- /7/ Länsi-Suomen ympäristölupavirasto, [WWW-dokumentti],
[<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=23878>] 1.1.2011.
- /8/ Majala, Taisto, Käyttömestarin haastattelu, Kemijoki Oy, Sodankylä, 15.11.2010.
- /9/ Rautaparta, Mika, Laajan maadoitusjärjestelmän määrittely ja dokumentointi Savon voima verkko Oy:n sähköverkossa, [WWW-dokumentti],
[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12587/Rautaparta_Mika.pdf?sequence=1] 3.2.2011.
- /10/ SFS käsikirja 601, Suurjänniteasennukset ja ilmajohdot, 1. painos, Suomen standardisoimisliitto ry 2009.

/11/ Voimalaitokset, [WWW-dokumentti],

[http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/14_Voimalaitokset.pdf] 6.10.2010.

13. LIITELUETTELO

LIITE 1 Pääkaavio

LIITE 2 Sijoituspiirustus

LIITE 3 Leikkaus A-A

LIITE 4 Leikkaus B-B

LIITE 5 Maadoituspiirustus

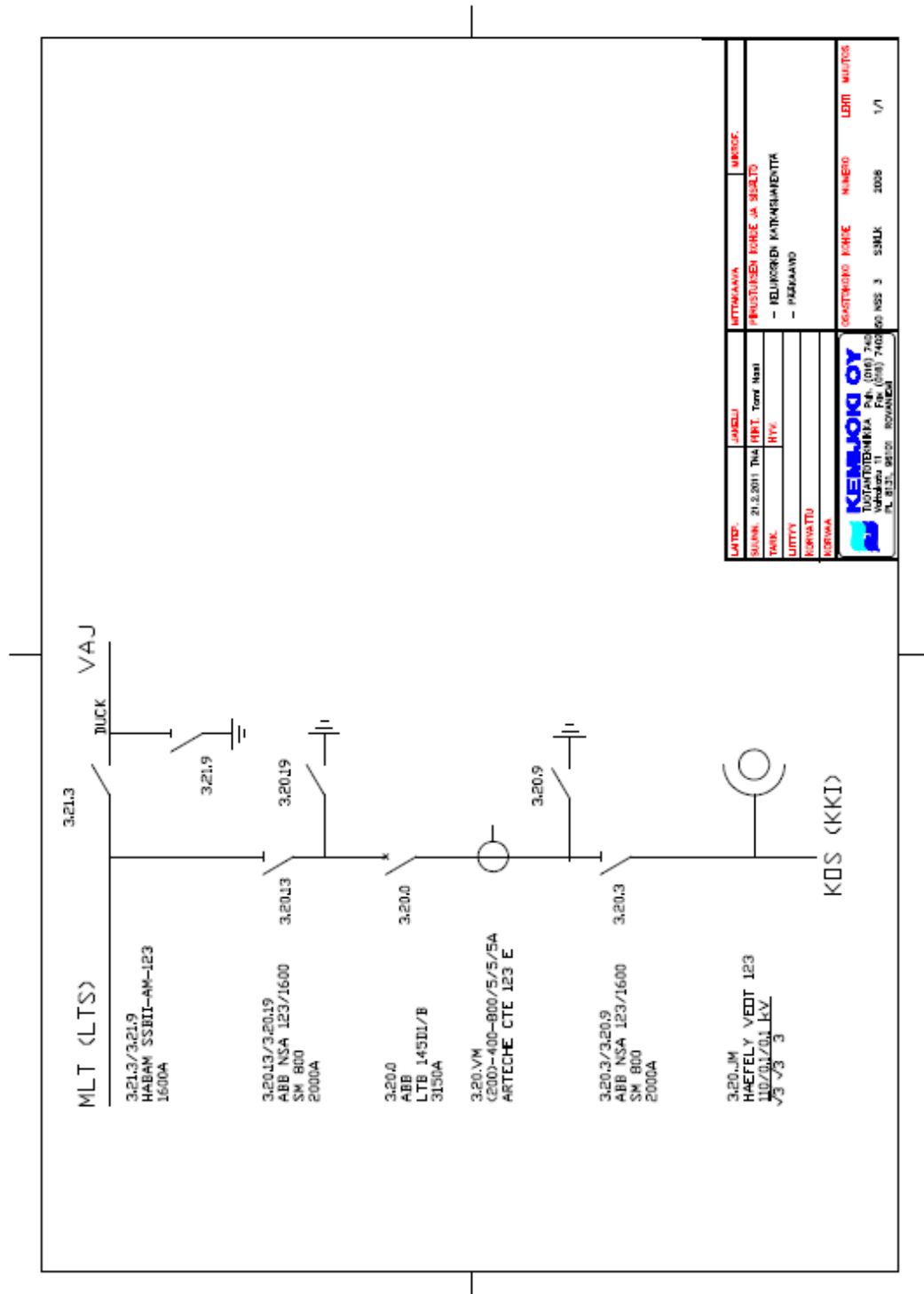
LIITE 6 Kytökentällä esiintyvät virranarvot

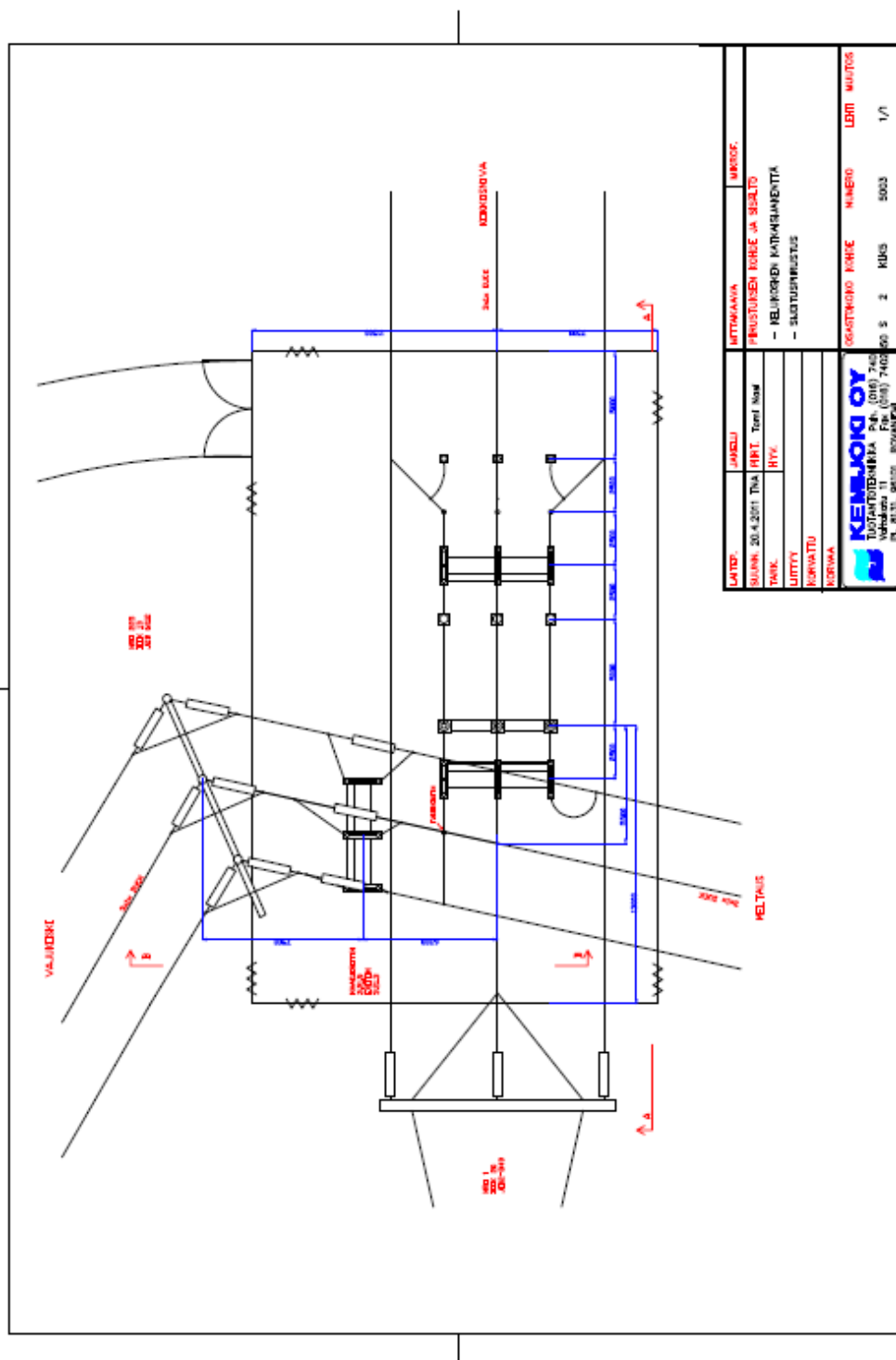
LIITE 7 Katkaisijan tekniset tiedot

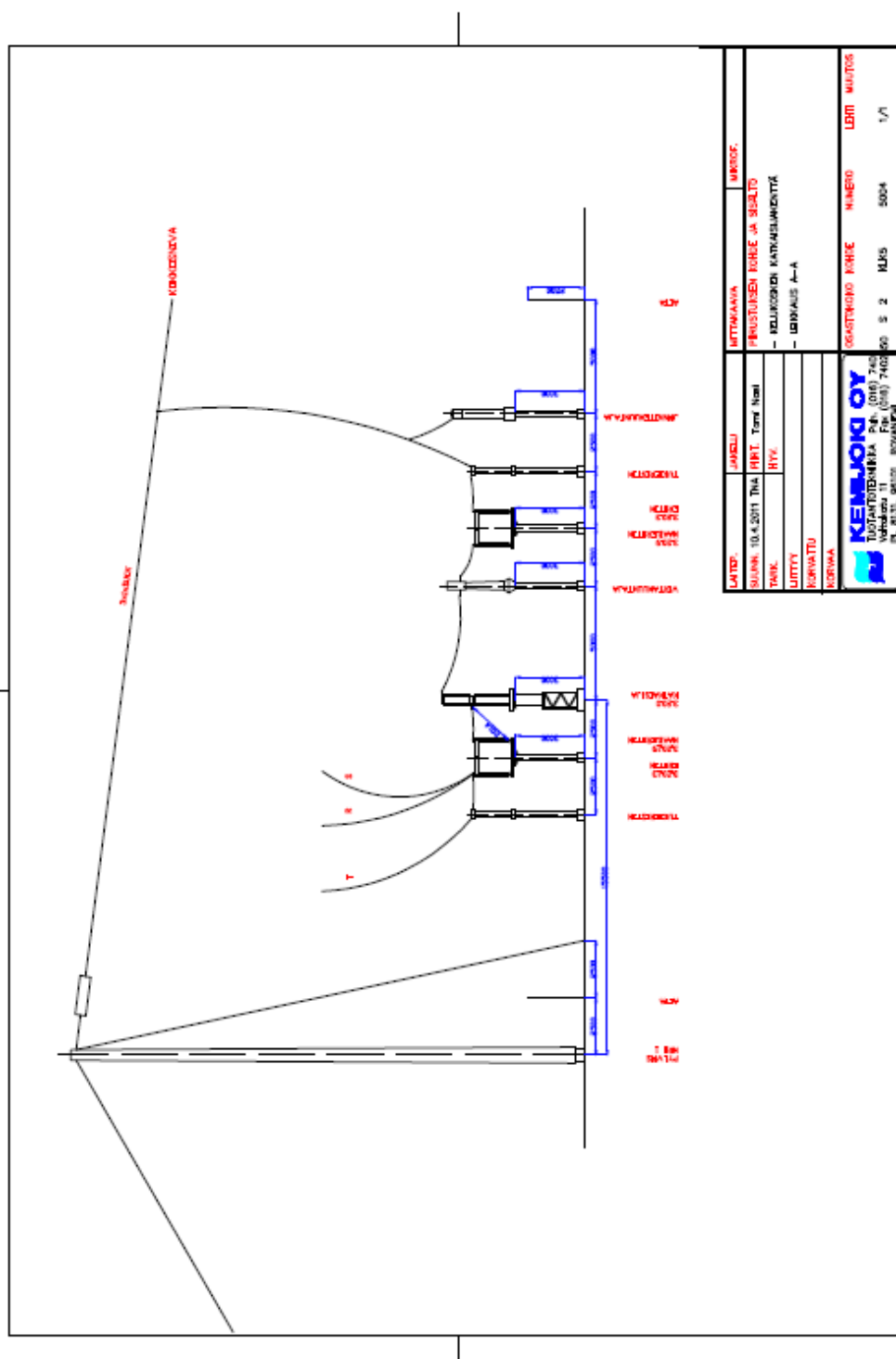
LIITE 8 Erottimen tekniset tiedot

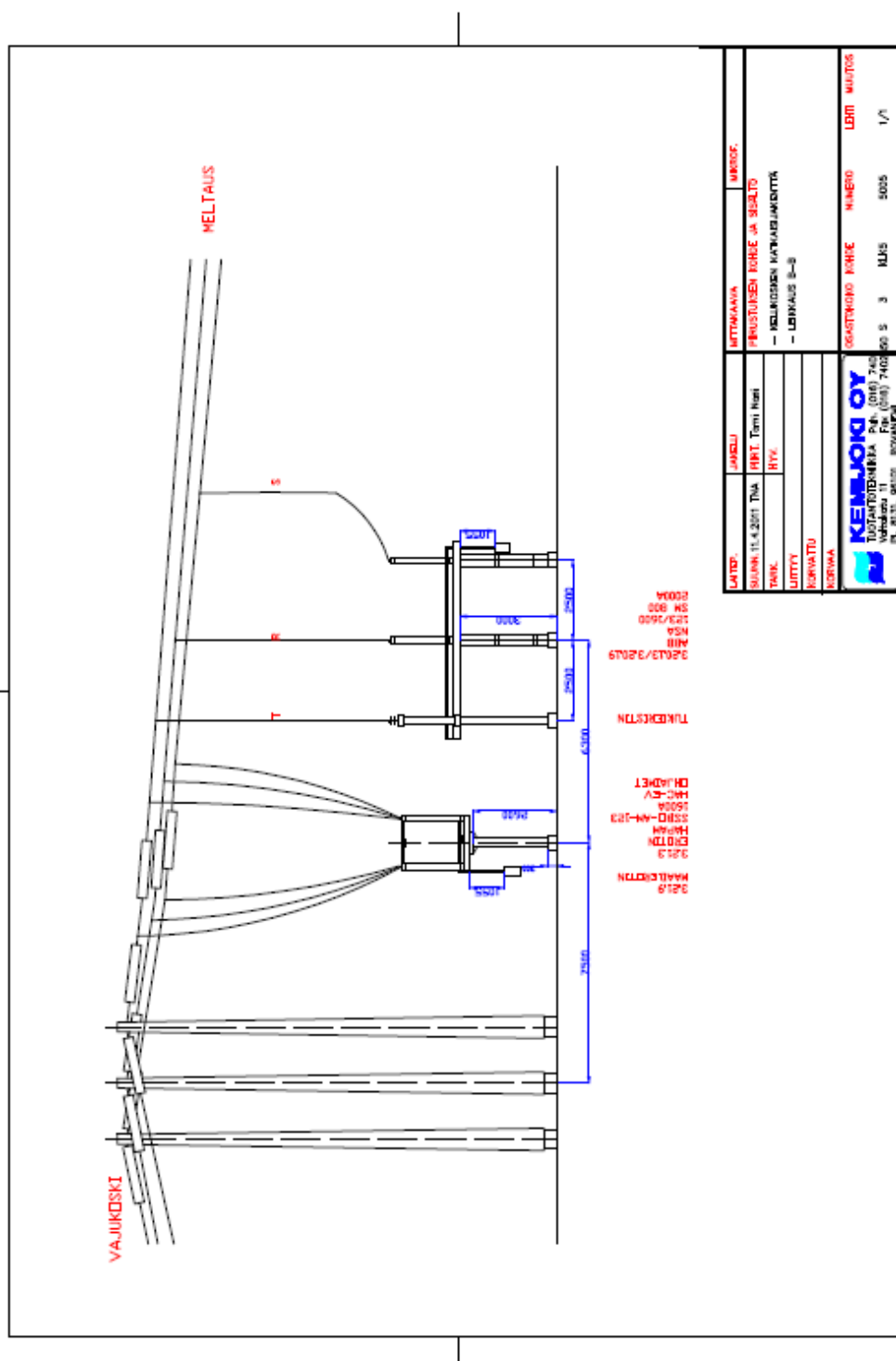
LIITE 9 SPAJ 141 C tekniset tiedot

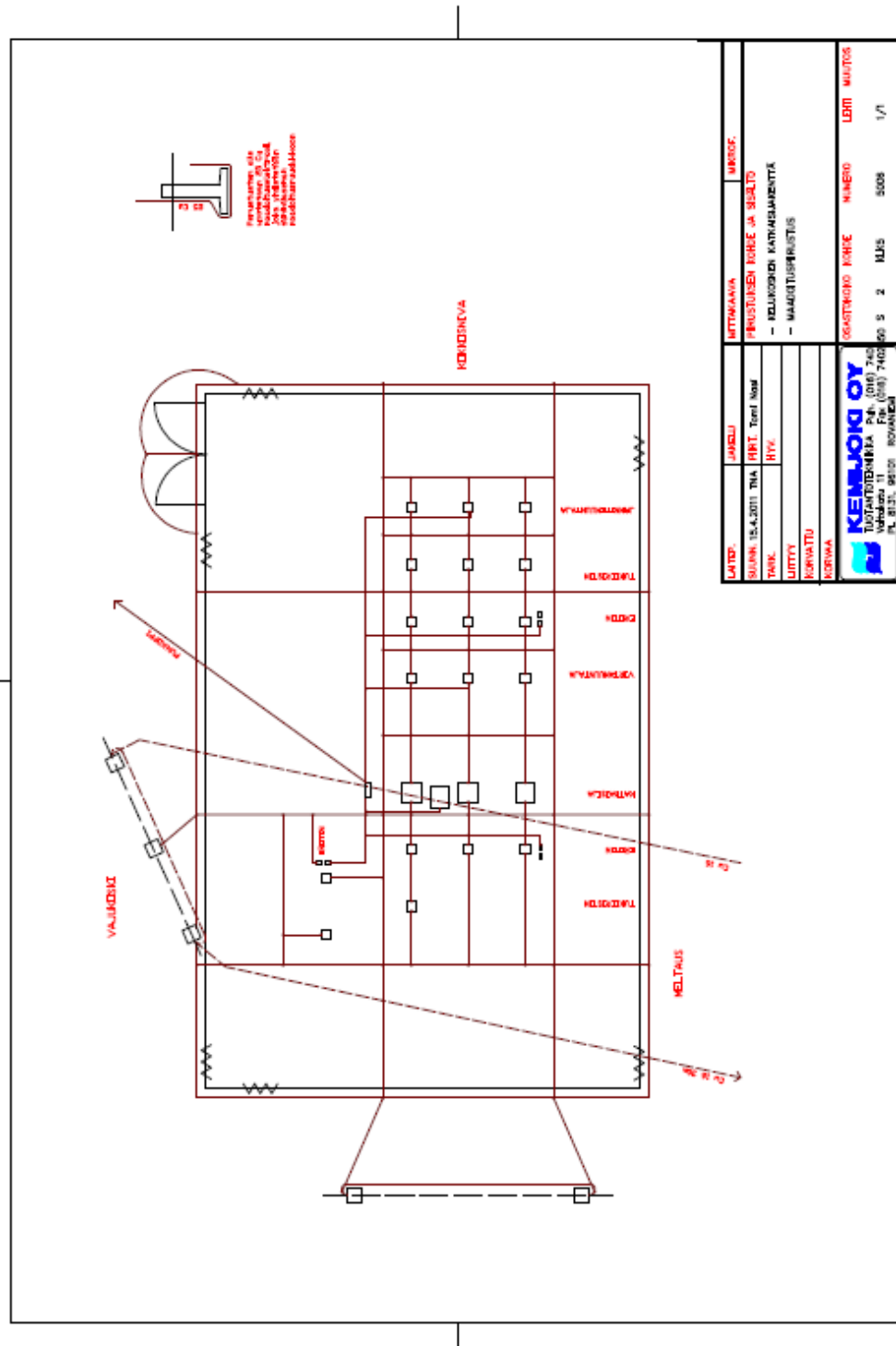
LIITE 10 Tekninen erittely











Laskelmien mukaan vikavirrat ja taustaverkon oikosulkuimpedanssit ovat Kelukosken 110 kV asemalla eri tilanteissa seuraavat:

Minimitilanne, jos syöttö vain Meltauksesta päin:

$$I_k' = 0,9 \text{ kA}, Z_k' = (22,5 + j74,5) \text{ ohm}$$

Normaali minimitilanne, jos syöttö vain Kokkosnivalta päin:

$$I_k' = 1,45 \text{ kA}, Z_k' = (7,5 + j46,5) \text{ ohm}$$

$$3I_0 = 25 \text{ A}$$

Normaali minimitilanne, jos syöttö johdolta Meltaus - Vajukoski:

$$I_k' = 2,55 \text{ kA}, Z_k' = (5,5 + j26,5) \text{ ohm}$$

Normaali perustilanne asemalla, kun liitäntä Kokkosnivalle päin:

$$I_k'' = 2,3 \text{ kA}, Z_k'' = (4,0 + j29,2) \text{ ohm}$$

$$I_k' = 2,15 \text{ kA}$$

Normaali perustilanne johdolla Meltaus - Vajukoski:

$$I_k'' = 3,5 \text{ kA}, Z_k'' = (3,7 + j19) \text{ ohm}$$

$$I_k' = 3,35 \text{ kA}$$

$$3I_0 = 35 \text{ A}$$

Eräs ennuste v.2020 johdolla Meltaus - Vajukoski:

$$I_k'' = 4 \text{ kA}, Z_k'' = (3,5 + j16,5) \text{ ohm}$$

Eräs ennuste v.2020, jos syöttö kaikista suunnista :

$$I_k'' = 6 \text{ kA}, Z_k'' = (2 + j11) \text{ ohm}$$

Jos verkkoa pidetään sammutettuna ovat yksivaiheiset maasulkuvirrat alle 50 A mutta, jos sammutuksesta luovuttaisiin ja syöttö olisi kaikista suunnista, olisivat yksivaiheiset maasulkuvirrat Kelukosken 110 kV asemalla eräessä tilanteessa seuraavat:

$$3I_0 = 2,2 \text{ kA}''$$

ABB**Data schedule: SF₆ Circuit Breaker**

Tender: 08Q430050 , Item: 80

General data

Type		LTB 145D1/B
Type of operation		3 Pole Operation
Number of poles		3
Min temperature	°C	-50
Max temperature	°C	40
Max altitude	m	1000

Ratings and guaranteed performance in accordance with IEC 60056

Rated voltage	kV	145
Rated insulation levels		
Rated lightning impulse withstand voltage to earth	kV _{peak}	650
across the open circuit breaker	kV _{peak}	650
Rated switching impulse withstand voltage to earth	kV _{peak}	—
across the open circuit breaker	kV _{peak}	—
Rated power frequency withstand voltage to earth	kV	275
across the open circuit breaker	kV	275
Rated frequency	Hz	50
Rated normal current	A	3150
Rated short-circuit breaking current	kA	31.5
DC component	%	52
First pole-to-clear factor		1.5
Rated transient recovery voltage for terminal faults	kV _{peak}	249
Rated characteristics for short line fault		
Peak factor		1.6
RRRV factor	kV/μs/kA	0.2
Surge impedance	Ohm	450
Rated peak making current	kA _{peak}	78.8
Rated duration of short-circuit current	s	3
Rated out of phase characteristics		
Out of phase making and breaking current	kA	7.9
Voltage factor		2.5
Rated line charging breaking current	A	50
Rated cable charging breaking current	A	160
Rated operating sequence		O-0.3s-CO-3min-CO
Operating times		
Opening time	ms	22 ±3
Break time	ms	40
Closing time	ms	<40

Constructional features

Number of breaks per pole		1
Gas mixture		0.38 MPa SF ₆ /0.34 MPa N ₂
Total mass of gas	kg	5
Volume of gas	liter	3 x 50
Max. working pressure	MPa (gauge)	0.80
Filling pressure at +20°C	MPa (abs)	0.70
Alarm pressure	MPa (abs)	0.62
Blocking pressure	MPa (abs)	0.60
Bursting disc		No
HV terminal		IEC(40) 9-hole + NEMA(44.5) 4-hole

Heater in packing boxes		Yes
Breaker position indication (O-I)		O-I Red-Green
Type test summary		BQ02-220
Insulators		
Type of insulators and colour		Brown porcelain
Min nominal creepage distance phase-to-earth	mm	4015
Min nominal creepage distance across open breaker	mm	3800
<hr/>		
Operating mechanism		
Number of drives		1
Motor charged spring operating mechanism		BLK 222
Whether fixed trip or trip-free (IEC Publ.60050(441))		Trip-free
Operating voltage	VDC	220
Heater voltage	VAC	230
Motor voltage	VDC	220
Power required at rated supply voltage by		
Closing coil	W	200
Opening coil	W	200
Motor	kW	0.9
Heating element, continuously	W	75
Heating elements, connected by thermostat	W	155
Number of available auxiliary contacts making and breaking		8NO+8NC
Manual trip		Yes, internal
Type of terminals supply		Entrelec M6/8
Type of terminals signals		Entrelec M4/8
TCS resistor drive		YES without resistor
Circuit diagram drive		1HSB543212-CAB

© ABB AB 2007. All rights to this document and its information are reserved. Any form of reproduction, use, or disclosure to third parties or unauthorised persons without our prior written consent is strictly forbidden.

TECHNICAL CHARACTERISTIC FOR DISCONNECTORS NSA123 kV

No	Technical Characteristics	Dimension	Technical Data of the Supplier
1	2	3	4
I	Technical data of disconnecter		
1.	Manufacturer		ABB Avangard
2.	Standard		IEC 62271-102
3.	Type		NSA 123/1600 E2
II	Working conditions		
1.	• Sea level	m	< 1000
2.	• Maximum ambient temperature	° C	+ 50
3.	• Minimum ambient temperature	° C	- 50
4.	• Humidity	%	100
5.	• Wind (wind speed)	Pa (m/s)	700 Pa (34m/s)
6.	• Ice condition	mm	20
7.	• Installation		outdoor
8.	• Withstand by earthquake	m/s ²	3
9.	• Creepage distance	mm/kV	25 (3100mm)
10.	Nominal voltage	kV	110
11.	Rated voltage	kV	123
12.	Rated current	A	2000
13.	Rated frequency	Hz	50
14.	Rated 1-min power frequency withstand voltage (50 Hz)		
	- to earth and between poles	kV(r.m.s.)	230
	- across the isolating distance	kV(r.m.s.)	265
15.	Rated lightning impulse withstand voltage 1.2/50 µs		
	- to earth and between poles	kV(peak)	550
	- across the isolating distance	kV(peak)	630
16.	Rated peak withstand current	KA(peak)	100
17.	Rated short-time withstand current (3 second) of the main switches	kA(r.m.s.)	40
18.	Creepage distance	mm	3100
19.	Electrical class of earthing blade withstand	class	as a main blade
20.	Number of pole for 1 set	number	3
21.	Type of the contacts	-	blades
22.	Material of the contacts		silver-plated copper
23.	Resistance of the main circuit	µΩ	≤ 104
	Maximum breaking capacitive current (lines, bus bars, cables)	A	1
	Maximum breaking inductive current (transformers)	A	3
24.	Type and kind of the pole insulators		C6 - 550
25.	Load at the clamps		
	- along the x axis	N	1000
	- along the y axis	N	1000
26.	Minimum falling load		
	• bending	N	6000
	• torsion	Nm	4000
27.	Type, material and lining of the connecting clamps		Cu -Ag - Ø 30
28.	Minimum insulation distance across open gap	mm	1290

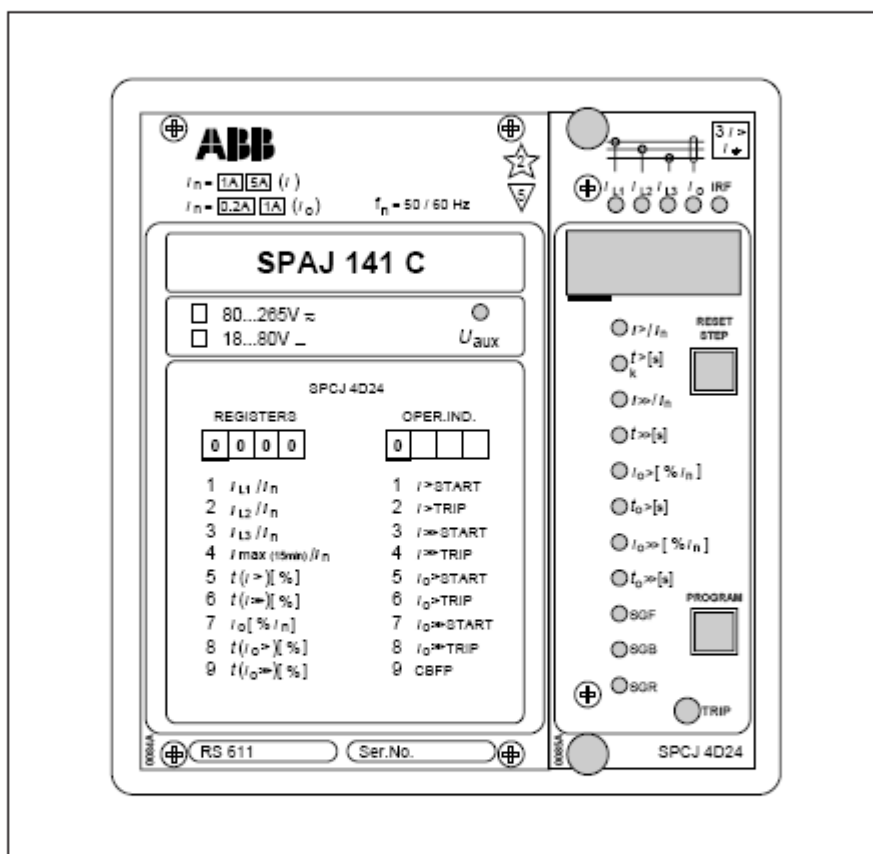
29.	Minimum insulation distance between phase	mm	2800
30.	Arc-protection (light) distance to earth	mm	1060
31.	Type of the interlocking between the main and the ground switches		
	- mechanical	-	yes
	- electrical	-	yes

MOTOR DRIVE TYPE SM 800	
Control voltage	220V; 110 V AC/DC
Electrical motor	servo - reverse
Supply voltage	220V; 110V AC/DC
Power	1010 W
Rated torque	1000 Nm
Mech. endurance	10000 cycles
Operating time	< 8 sec
Operating angle	190° ± 1°
Heater	22 W
Weight	65 kg
Overall Dimensions	550 x 380 x 700

SPAJ 141 C

Yhdistetty ylivirta- ja maasulkurele

Käyttöohje ja tekninen selostus



ABB

Toimintaselostus

Yhdistetty ylivirta- ja maasulkurele on toisio-releyhdistelmä, joka liitetään suojattavan lähdön virtamuuntajiin. Kolmivaiheinen ylivirtasuojaja ja suuntaamaton maasulkusuojaja mittaavat jatkuvasti suojattavan lähdön vaihevirtoja ja nollavirtaa. Vikatapauksessa suoja käynnistää ulkoiset jälleenkytkentätoiminnot tai ohjaa katkaisijaa, riippuen valitusta suojaustavasta.

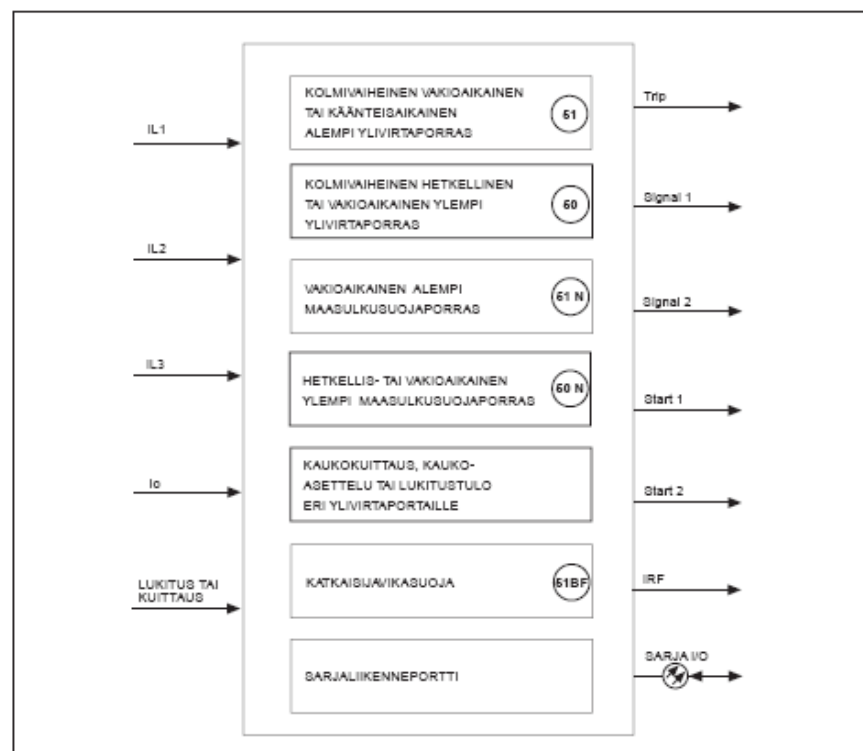
Kun jokin vaihevirta ylittää alemman ylivirta-portaan asetteluarvon, ylivirtarele havahtuu. Samalla käynnistyy vastaava aikapiiri. Kun aika on kulunut loppuun, katkaisijalle annetaan laukaisukäske. Vastaavasti releen ylivirtasuojan ylempi porras havahtuu, kun sen asetteluarvo ylitetään ja käynnistää oman aikapiirin. Asetelun ajan kuluttua katkaisijalle annetaan laukaisukäske.

Suuntaamattoman maasulkusuojan alempi porras toimii samalla tavalla. Riippuen valitusta suojaustavasta, se joko hälyttää, lähettää laukaisukäskyn katkaisijalle tai lähettää ohjauksen ulkoiselle jälleenkytkentärelelle. Sisääntulopiirissä on alipäästösuodin, joka suodattaa nollavirran harmoniset ennen signaalin mittaamista.

Ylivirtasuojan alemmalle portaalte voidaan määritellä vakioaika- tai käänteisaikaviiveen mukaiset toiminnot. Valittaessa käänteisaikaviiveen mukainen toiminta, on releessä valittavissa kuusi eri käänteisaikakäyrästä. Neljä käyrästä näistä ovat standardien BS 142 ja IEC 60255 mukaisia ja niitä nimitetään jyrkkyyden mukaan Normal inverse, Very inverse, Extremely inverse ja Long time inverse ominaiskäyriksi. Kaksi lisäkäyrästä ovat nimeltään RI-käyrä ja RXIDG-käyrä. Maasulkusuojan alempi porras toimii vakioaikaisesti.

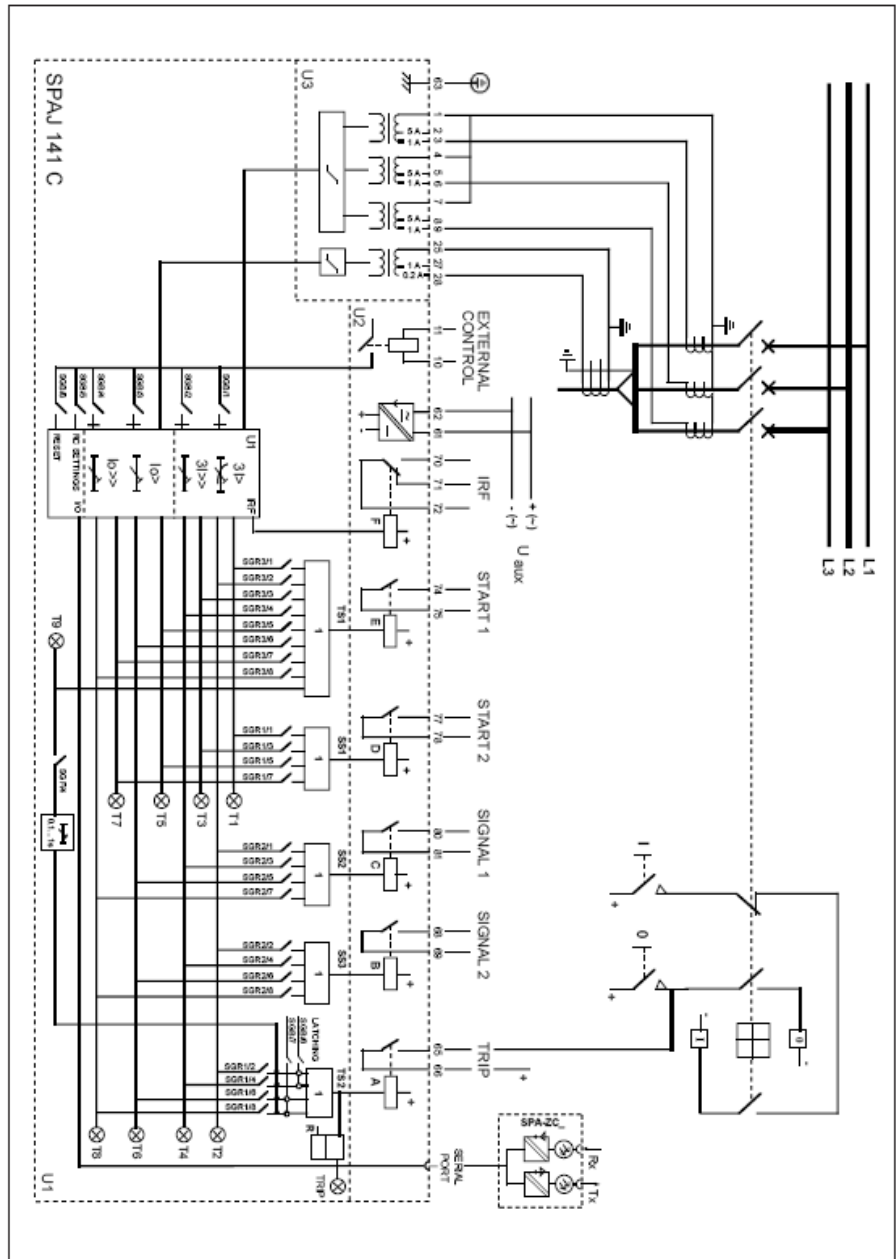
Laukaisurelematriisin ohjelmoinnilla saadaan ylivirtasuojan ja suuntaamattoman maasulkusuojan havahtumisista kosketintiedot, joita voidaan edelleen käyttää esimerkiksi muiden saman suojauskohteen suojauslaitteiden lukitussignaaleina.

Releessä on yksi ulkoinen logiikkaohjaustulo, jota voidaan ohjata ulkoisella ohjausjännitteellä. Ohjaustulon vaikutus releeseen voidaan ohjelmoida mittausyksikössä olevan ohjelmointikytkinryhmän avulla. Tätä ohjaustuloa voidaan käyttää joko yhden tai useamman suojausportaan lukitsemiseen, itsepiilähtöreleiden palauttamiseen käsinpalautuksessa tai uuden asetteluarvoryhmän valitsemiseksi releelle kauko-ohjauksen avulla.



Kuva 1. Ylivirta- ja maasulkurele SPAJ 141 C suojausfunktiot.

Liitântäkaavio



Kuva 2. Yhdistetyn ylivirta- ja maasulkureleen SPAJ 141C:n liitântäkaavio, jossa on esitetty kaikkien kytkinryhmien kytkimet.

Tekniset tiedot*(päivitetty 2002-10)***Mittaustulot**Nimellisvirta I_n

- Ylivirtasuojaja

- Maasulkusuojaja

Kuormitusvirrat

- Jatkuva

- Hetkellinen, 1 s

- Dynaaminen, puolijakso

Tuloimpedanssi

Nimellistaajuus f_n

Nimellistaajuus tilauksesta

	1 A	5 A
0,2 A	1 A	
1,5 A	3 A	15 A
50 A	100 A	300 A
100 A	250 A	750 A
< 750 mΩ	< 100 mΩ	< 20 mΩ
50 Hz		
60 Hz		

Toimilähdöt

Ohjauskoskettimet

Liitinnumerot

- Nimellisjännite

- Jatkuva virtakestoisuus

- Kytkeä- ja kuormitusvirta 0,5 s arvo

- Kytkeä- ja kuormitusvirta 3 s arvo

- Katkaisukyky tasavirralla kun kuormituksen

 $L/R \leq 40$ ms ohjausjännitteillä 48/110 /220 V dc

65-66, 74-75
250 V dc/ac
5 A
30 A
15 A
5 A / 3 A / 1 A

Hälytyskoskettimet

Liitinnumerot

- Nimellisjännite

- Jatkuva virtakestoisuus

- Kytkeä- ja kuormitusvirta 0,5 s arvo

- Kytkeä- ja kuormitusvirta 3 s arvo

- Katkaisukyky tasavirralla kun kuormituksen

 $L/R \leq 40$ ms ohjausjännitteillä 48/110/220 V dc

70-71-72, 68-69, 77-78, 80-81
250 V ac/dc
5 A
10 A
8 A
1 A / 0,25 A / 0,15 A

Ohjaustulot

Lukitukset, kaukokuittaus tai

asettelujen kauko-ohjaus

Ulkoinen ohjausjännite

Tulopiirin tyyppinen ohjausvirta

10-11
18...265 V dc tai 80...265 V ac
2...20 mA

Tehonsyöttö- ja lähtörelelyksikkö

Syöttö- ja relelyksikkö, tyyppi SPTU 240 R1

Syöttö- ja relelyksikkö, tyyppi SPTU 48 R1

Tehonkulutus lepotilassa/toiminnassa

80...265 V dc/ac
18...80 V dc
4 W / 6 W

YLEISTÄ

110 kV kytkinkentän nimi on Kelukoski

Kytinkentän 110 kV kenttälaitteet saneerataan. Saneeraukseen kuuluvat:

- 110 kV laitteistot; katkaisija; erottimet
- Toisiopiirin suojareleet

SÄHKÖISET ARVOT

Kaikkien 110kV laitteiden on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- Nimellisjännite 110 kV
- Suurin käyttöjännite 123 kV
- Nimellistaajuus 50 Hz
- Terminen oikosulkukestoisuus 1 s 31,5 kA
- Dynaaminen oikosulkukestoisuus 78 kA
- Syöksyjännitekestoisuus 1,2/50 us
 - o Maata vastaan 550 kV
 - o Erottimien avausvälillä 630 kV
- Eristyskoejännite 50 Hz 1 min
 - o Maata vastaan 230 kV
 - o Erottimien avausvälillä 265 kV
- Käyttölämpötila- alue -50...+40°C
- Ohjausjännite 220 VDC
- Lämmityksen ja valaistuksen jännite 230/400 VAC

110 KV ULKOKYTKINKENTTÄ

110 kV kytkinkenttä on aidattu ilmaeristeinen ulkokytkinkenttä (AIS), kenttäkiskojen materiaalina käytetään Al – köyttä.

110 kV hankittavat kojeet

Koje	Nimellisvirta	kpl
Katkaisija	3150 A	1
Eroin + mv	2000 A	2

